TUBI IN LEGA POLIMERICA
PVC-A
PER SISTEMI DI ACQUA IN PRESSIONE

MANUALE TECNICO 2008

PVC-A “Aquaforce”

PREFAZIONE

I tubi in lega polimerica **PVC-A** sono nati nel UK agli inizi degli anni’90 su iniziativa della **Nord West Water**[1] in collaborazione con **Pipeline Development Ltd**[2] ed **Hepworth/Wavin**. In Italia i primi tubi sono stati posati in Sardegna (1998) e Veneto (1999). **Greenpipe Srl** per prima li ha proposti sul mercato italiano. (*Vedi schede tecniche lavori Emilia, Toscana, Calabria, Lazio, Sardegna, Veneto*).

Le Società

Il **Gruppo Wavin**[3], leader nella produzione mondiale di tubi e accessori plastici (PVC-U, PVC-A, PP, PEAD), opera da oltre 50 anni in campo mondiale (30 siti produttivi in 27 paesi europei). Nel 2006 ha acquisito **Euroceramic**, che produce **tubi di gres** con stabilimenti nel UK e in Olanda. Il gruppo nello stesso anno con i suoi 5000 dipendenti, sparsi nelle varie parti del mondo, ha fatturato 1700 milioni Euro. Il Quartier Generale della Società ha sede in Olanda.

Greenpipe Srl opera nel mercato italiano per la promozione e la vendita di prodotti destinati al trasporto delle acque potabili, irrigue e reflue, all’accumulo temporaneo e al trattamento delle acque di prima pioggia.

[1]**Nord West Water** (oggi United Utilities) è il più grande gestore di acquedotti e fognature del UK.

[2]Importante istituto di ricerca nel campo delle materie plastiche (oggi gruppo BodicoKote).

[3]Il nome **WAVIN** deriva WAter (acqua) e VINil (cloruro di vinile).

Greenpipe è stata la prima società a proporre sul mercato nazionale macchine e tubi di gres per Micro-tunneling (Keramo Steinzeug), tubi in gres a manicotto (Euroceramic), tubi in lega polimerica PVC-A, nuovi sistemi per la raccolta di acque di prima pioggia (sistema USA a copponi in PEAD e sistemi Wavin Aquacel / Q-Bic).

Oggi **Greenpipe** propone a imprese e tecnici del settore acquedottistico oltre ai tubi di PVC-A e Gres anche tubi di Ghisa Sferoidale, Sistemi di raccolta e trattamento delle acque di prima pioggia, Canali grigliati in conglomerato polimerico della MEA, Canali in Cemento Armato autoportanti, separatori di oli minerali e grassi.

Tutti i prodotti sono forniti da aziende prestigiose e leader in campo mondiale nei rispettivi settori.

Tubi di PVC-A motivi di una ricerca

Negli ultimi decenni la necessità di riabilitare o rifare le vecchie condotte di AC, Ghisa Grigia, PVC-U, PEAD ha stimolato la ricerca di sistemi più affidabili e duraturi nel campo del trasporto dell’acqua e della salvaguardia delle risorse idriche.

Numerose sono state le ricerche in campo mondiale e in particolare in quello Anglosassone (Pipeline Development) per mettere a punto un nuovo prodotto per soddisfare le richieste provenienti dalle Water Companies e dai Progettisti.

I tecnici richiedevano un materiale con tempo di vita superiore a 50 anni e tenuta perfetta, che non fosse soggetto ad alcun tipo di corrosione e quindi non richiedesse particolari protezioni o rivestimenti, che offrisse grande resistenza all’urto, ai carichi concentrati, alla crescita delle cricche. Un materiale sempre duttile, e conforme (nel Regno Unito) ai requisiti igienico sanitari imposti dalla DWI “Regulation 25”.

Il prodotto **PVC-A** messo a punto dal Pipeline Development in collaborazione con Hepworth/Wavin consentiva alla Industria dell’Acqua posa facile e rapida, costi globali di esercizio e ammortamento ridotti, continuità di erogazione del servizio (niente rotture).

PVC-A: la ricerca

La messa a punto della nuova lega polimerica e le prime specifiche furono approntate in stretta collaborazione fra NWW, Pipeline Development, ed Hepworth/Wavin nei primi anni 90. Allo studio parteciparono vari centri europei e statunitensi.

Fu esaminato il comportamento dei tubi di PVC-U, un prodotto che presentava grande resistenza meccanica, ma che a causa della sua fragilità era fonte di inconvenienti durante l’esercizio. Si esaminò il comportamento del PEAD, materiale duttile, flessibile, con bassa resistenza meccanica, alla quale si rispondeva con alti spessori, pesi elevati, lunghi tempi di saldatura, costi di posa elevati, rischi di rottura in esercizio. Si pensò allora a una lega fra i due materiali, ma essi non erano compatibili in fase di estrusione.

Il risultato finale fu un tubo rivoluzionario costituito da una ***lega polimerica tra PVC-U e CPE (Cloruro di polietilene)***. Essa conserva la grande resistenza meccanica del PVC-U e la duttilità del PEAD. La BS con la PAS 27 del 1999 ha identificato tale tubo con la sigla PVC-A (A sta per Alloy=lega). Nord West Water ha posato i primi tubi di PVC-A nel periodo 1990-1994 e di recente ha comunicato: *“Since its introduction it has proved robust and durable, and we have experienced no failures attributable to either materials or manufacture of this pipe”.*

Oggi il PVC-A viene usato da molti gestori di acque potabili (Tubo Blu), e di acque reflue (Tubo Bruno), e negli impianti irrigui. A tutto oggi in Europa sono stati posati oltre 20.000 tonn di tubi di PVC-A (più di 6.000 Km).

PVC-A “Aquaforce”

Tubi per condotti in pressione e fognature stradali

INDICE

Il prodotto

INTRODUZIONE

La gamma

Il **sistema PVC-A Aquaforce** comprende tubi e raccordi nella fascia 90mm – 630mm, per pressioni di esercizio PN 8-10-12,5-16 bar. Le barre dei tubi sono lunghe 6m. Sono di rapida e facile installazione e mantengono l'integrità delle specifiche per l'intera vita di esercizio. Sono disponibili anche accessori in Ghisa Sferoidale. Alcuni dei pezzi speciali sono costruiti unendo elementi stampati in PVC-U con elementi in PVC-A.

Campo d'impiego

I tubi **PVC-A/Aquaforce blu** sono impiegati per acque potabili e irrigue, **PVC-A Aquaforce black** è usato per fognature (prementi o a gravità). I tubi di PVC-A non sono soggetti all'azione delle correnti vaganti. Sono idonei al trasporto di molti fluidi (basici o acidi come per es. affluenti domestici: detersivi, sali minerali, particelle solide sospese). Essi sono insensibili alle acque clorate, alle acque dure ed evitano il fenomeno delle acque rosse (ruggine).

Per temperature inferiori ai 30° C i tubi in PVC-A resistono a Ph da 1 a 14. Essi non subiscono gli attacchi chimici provenienti dai terreni circostanti (per es. terreni solfatici o clorurati) o sulle fasce costiere in presenza di acque marine. La stessa resistenza si manifesta nei confronti dei terreni di rinfianco contenenti scorie ferrose o vari sali minerali, e nei confronti di acidi umici, di fosfato di ammonio e di nitrati presenti nei terreni agricoli (tutti elementi aggressivi per i metalli).

Le prestazioni

Il sistema PVC-A Aquaforce è stato progettato per migliorare le prestazioni in tre aree chiave:

1- Le perdite: con PVC-A le perdite dovute alla corrosione o al deterioramento del tubo e del giunto in pratica sono annullate. Il nuovo sistema di giunzione Forsheda consente una migliore tenuta sia in pressione che in depressione, elimina la tolleranza fra bicchiere e anello di tenuta, evita errori in fase di posa.

2- Durata e costi di manutenzione: i nuovi test di laboratorio e la grande affidabilità delle prove consentono di prevedere per il materiale un tempo di vita più lungo rispetto agli altri plastici. Facilità di posa, minor costo di installazione, bassi costi di manutenzione, rendono Aquaforce il sistema più economico e affidabile nel trasporto di acqua in pressione.

3- Qualità dell'acqua: qualità dell'acqua e PH vengono conservati. L'assenza di rivestimenti cementizi e il basso grado di scabrezza riducono il rischio di incrostazioni e di formazione di tubercoli. I tubi PVC-A rispondono ai requisiti della DWI "Regulation 25" (certificazioni in tal senso sono disponibili a richiesta), alle BS 6920, e DM del Ministero Italiano della Sanità (DM del 21.03.1973 e successive modifiche DM 174/2004 del Ministero della Salute). Oggi i tubi PVC-A per acqua potabile sono prodotti usando nuovi stabilizzanti ("New Generation Stabilisers" -NGS), che non contengono piombo.

Vantaggi per Progettista, Industria dell'Acqua, Impresa

- Elevatissima resistenza all'urto anche a basse temperature. Grande resistenza meccanica. Grande tenacità.
- Materiale sempre duttile.
- Prodotto certificato in conformità alla BS PAS 27.
- Pesi inferiori, a parità di diametro esterno, nei confronti di PEAD e PVC-U, nettamente inferiori rispetto ai materiali metallici.
- Diametri interni superiori a quelli dei tubi di PVC-U (che hanno spessori di parete superiori del 30%), di quelli dei tubi di PE100 (che hanno spessori di parete superiori del 50%), dei tubi di PE80 (che hanno spessori di parete superiori del 68%).
- Resistenza chimica ed elettrochimica molto elevata.
- Durata superiore ai 50 anni.
- Nuovo sistema di giunzione che garantisce una perfetta tenuta in pressione e depressione.
- Grande facilità di posa: la forza necessaria per la giunzione è inferiore rispetto a quella tradizionale, non è richiesta saldatura, non c'è bisogno di alcun rivestimento.

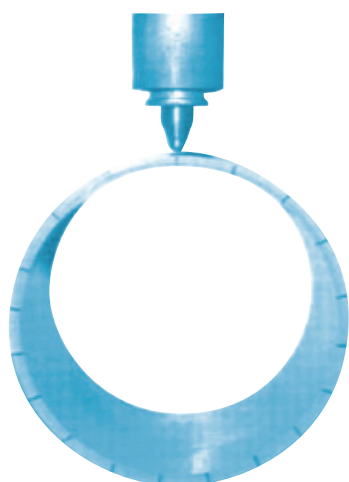
Descrizione del Materiale

Per produrre i tubi di PVC-A Aquaforce viene usata una lega polimerica basata su due componenti principali:

- Polivinil Cloruro: PVC-U (plastomero che conferisce resistenza meccanica).
- Polietilene Clorurato: CPE (elastomero che conferisce duttilità).

Ogni materiale è stato attentamente selezionato e mescolato insieme per ottenere un tubo di grande tenacità e durata (resistente e duttile). L'unione di tali materiali ha dato origine a una lega di plastici che risponde in maniera esauriente ai requisiti richiesti dalla Industria dell'Acqua. Dalla combinazione della elevata tenacità e duttilità del CPE con l'alta resistenza meccanica del PVC-U si è ottenuto un prodotto che consente prestazioni elevate e nettamente superiori a quelle dei materiali tradizionali.

NORME

Il **sistema PVC-A Aquaforce** risponde ai requisiti della prima specifica di prodotto emanata dalla NWW la “CPE/PVCU Alloy Pressure Pipes, Integral Joints, and Post Formed Bends for Cold Potable Water and for Sewerage,Drainage and for Industrial Applications (NWW 1995)”, e naturalmente a quelli della successiva norma emanata dal British Standard Institution, la **BS PAS 27 del 1999 “Unplasticized polyvinyl chloride alloy (PVC-A) pipes and bends for water under pressure”**.

Questa norma prescrive le caratteristiche della nuova genenrarazione di tubi in lega polimerica che combinano un’alta resistenza meccanica ad un’alta duttilità. I materiali che rispondono a tali norme forniscono sistemi con prestazioni altamente affidabili e prevedibili nel tempo. Le norme specificano in dettaglio anche i requisiti richiesti a questa nuova generazione di tubi e bicchieri, agli anelli di tenuta in essi incorporati e alle curve post-sagomate ottenute da tubi di PVC-A per il trasporto di acqua fredda potabile o altri fluidi. Fra tali requisiti rientrano le proprietà dei materiali, le dimensioni, i tipi di tests e il controllo qualità, gli effetti sulla qualità dell’acqua, la marcatura.

Le produzioni Wavin nello stabilimento di Balbiggran sono in regime **ISO 9001**. La Wavin Irlandese è registrata nel **“BSI Register of Assessed Capability certificate”** registrazione KM 55037 e può fregiarsi del **Kitemark BSI**.

Gli **anelli di tenuta**, montati a caldo in fabbrica, sono costituiti da due elementi saldati a caldo: un elemento di tenuta in EPDM e un elemento di rinforzo in PP che tiene ben ferma la guarnizione al suo posto durante tutte le fasi di lavoro. Gli anelli sono prodotti e testati in conformità alle norme **EN 681**, alla ISO 9001, al QS 9000, al **BVQI (Bureau Veritas)** e al **Katemark BSI**.

Presentano perfetta tenuta in pressione e depressione, non presentano tolleranze tra anello e bicchiere, evitano il rischio di ingresso di sabbia nei momenti di depressione o di perdite a seguito di alterne pulsazioni della pressione all’interno della condotta (effetti possibili con le altre guarnizioni, soprattutto se montate a mano). Rendono più facili e rapide le operazioni di posa in opera in quanto richiedono minor sforzo per giuntare i tubi tra loro.

PVC-A/Aquaforce presenta le seguenti caratteristiche:

Peso specifico	1390 Kg/m^3
Modulo di Young	2500 MPa
Coefficiente di dilatazione Termica	7 x 10^{-5} K^{-1}
Coefficiente di Poisson	0,38
Scabrezza superficiale (Coolebrook-White)	0,003mm
Fattore C (Hazen-Williams)	150

PROVE SUI MATERIALI

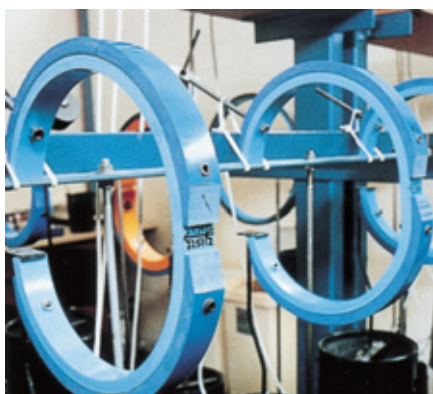
Nel corso della messa a punto del primo mPVC poi denominato PVC-A fu intrapreso un vasto programma di prove per verificare le prestazioni del prodotto. I test furono condotti nei laboratori Pipeline Development Ltd.

I nuovi test introdotti avevano lo scopo di simulare le reali condizioni di esercizio.

PROVA	SCOPO	RISULTATO
C-Ring test su provino intagliato	Misurare la Toughness di rottura Predire il carico di rottura a 50 anni Conoscere il tipo di rottura (duttile/fragile)	PVC-A non è mai fragile In presenza di una cricca non diminuisce la sua resistenza
Rottura in trazione su provino intagliato con punta ad angolo acuto	Prova di verifica della formazione della zona plastica bianca La punta della cricca si arrotonda	Il materiale si rompe sempre in maniera duttile. La rottura non è mai immediata come avviene con il PVC-U
Prova all’urto	Verificare che un percussore che cade dall’altezza di 2,5 m provoca lesioni sulla provetta	PVC-A condizionato per 24 ore a 0°C Non si rompe mai
Prove a pressione idrostatica su campioni già intagliati	Verificare l’effetto di eventuali cricche su un tubo sottoposto a pressione	Nessuna influenza
Prova a fatica	Verificare l’effetto delle fluttuazioni giornaliere di pressione	Modesta influenza
Qualità dell’Acqua	Controllare la qualità dell’acqua in base ai requisiti richiesti dal DWI e al DM 174/2004 del Ministero della Salute	Risponde ai requisiti del Regulation 25. Non c’è rilascio di Pb perché i nuovi stabilizzanti usati non lo contengono

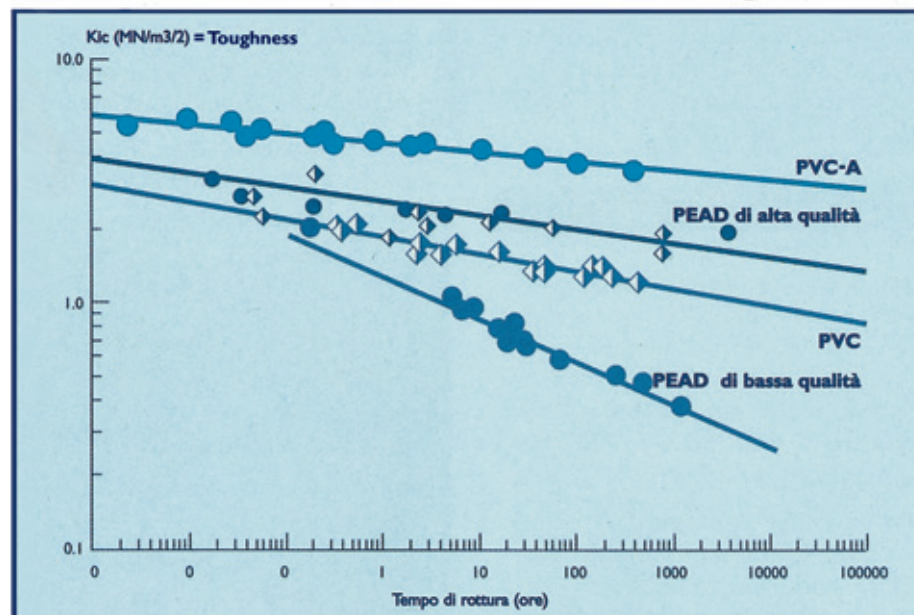
Prova su un anello di tubo intagliato a C: “C Ring Test”

Questa prova serve per predire il carico di rottura a 50 o 100 anni di un tubo di PVC-A preventivamente intagliato. A tal fatta da un tubo vengono tagliati alcuni anelli dai quali si asporta una fetta per creare una “C”. Sulla parte opposta si pratica un intaglio ad angolo acuto (profondità dell’intaglio pari al 25% dello spessore della parete), quindi il provino viene caricato a flessione, applicando sul labbro basso del “C” pesi variabili. Per ogni peso avremo il tempo necessario per arrivare a rottura. Ad ogni rottura si verifica se essa è avvenuta in maniera duttile (formazione della zona plastica bianca). Tempi e carichi di rottura corrispondenti ci consentiranno poi di costruire il diagramma per predire il carico di progetto a 50 anni.

Questa prova concorda perfettamente con le valutazioni che si traggono dai tests effettuati a pressione idrostatica. Ciò conferma che il materiale possiede una eccellente uniformità e qualità.

Prova a pressione idrostatica

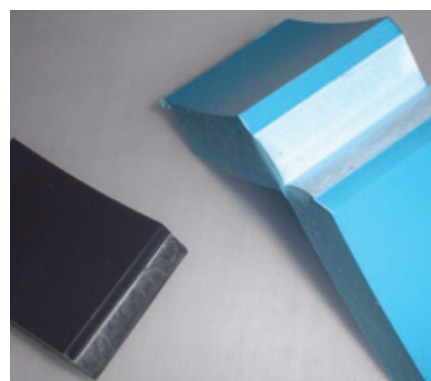
Accanto alle normali prove di resistenza a pressione idrostatica a breve e lungo termine eseguite secondo le norme ISO1167/96, sono state introdotte altre prove, sempre a pressione idrostatica, ma su campioni intagliati (sul tubo vengono effettuati due intagli diametralmente opposti, ciascuno con profondità pari ad almeno il 10% dello spessore della parete). I risultati danno rotture sempre di tipo duttile. Dalle curve di regressione a 50 anni, sia per tubi interi che per tubi intagliati, si ricava un **MRS (Minimum Required Stress = σ_{MRS})** che non è mai inferiore a 24,5 MPa (=245 bar/classe 250).

Poiché il PVC-A è progettato con un fattore di sicurezza 1,4 tutte le prove di laboratorio e di cantiere, sono state eseguite per convalidare questo calcolo teorico e per confermare il coefficiente di sicurezza. Per il PVC-A il σ_s (carico di progetto) è di 17,5 MPa.

Grafico I - Resistenza a rottura per avanzamento lento della crepa per vari polimeri.

Prova di trazione

Campioni di materiale di **PVC-A**, preventivamente intagliati con intagli ad angolo acuto e profondità dell’intaglio pari al 25% dello spessore, vengono sottoposti a un carico di trazione fino a rottura. Prima della rottura si noterà la formazione di una zona bianca plastica intorno alla punta dell’intaglio, che a sua volta assumerà forma arrotondata, con aumento della superficie su cui agisce il carico. Ciò evita l’infragilimento. La rottura non sarà di tipo traumatico come avverrebbe nel caso del PVC-U, e la crescita della cricca sarà più lenta dell’espandersi della zona plastica. Il tipo di rottura è sempre duttile.

Prova d’urto

Questo tipo di prova viene praticato per simulare le operazioni di cantiere. Infatti durante la movimentazione, lo stoccaggio, la posa o durante lavori di manutenzione eseguiti nelle immediate vicinanze della condotta, i tubi possono subire danni per urti di vario tipo. La prova risponde perfettamente alla norma ISO 3127, ma il **PVC-A** può essere sottoposto anche a prove più severe. Un campione viene prima condizionato per 24 ore a 0°C. Su di esso viene poi fatto cadere un percussore con diametro di 25mm da un’altezza di almeno 2,5m. (nel caso di un DN 630mm con peso del percussore 7,5Kg. il percussore cadrà sul campione e rimbalzerà senza lasciare alcun segno).

Prova di resistenza a fatica

Poiché le condotte in esercizio sono sottoposte spesso a operazioni di chiusura, apertura, partenza, blocco di valvole e pompe, è necessario riprodurre in laboratorio anche tali condizioni di fluttuazione della pressione allo interno di una condotta (cioè la condizione di sollecitazione sotto carichi ciclici o di resistenza a fatica). Le prove sono effettuate o su campioni sottoposti a un regime di pressione interna fluttuante o su anelli di tubo a forma di “C” e preventivamente intagliati.
Tutte le prove devono dare rottura di tipo duttile.

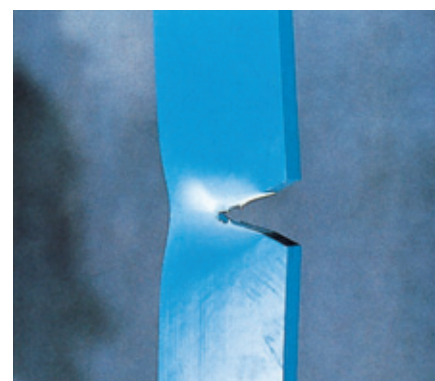



Grafico 2 - Effetto del carico di punta su tubi interi e intagliati.

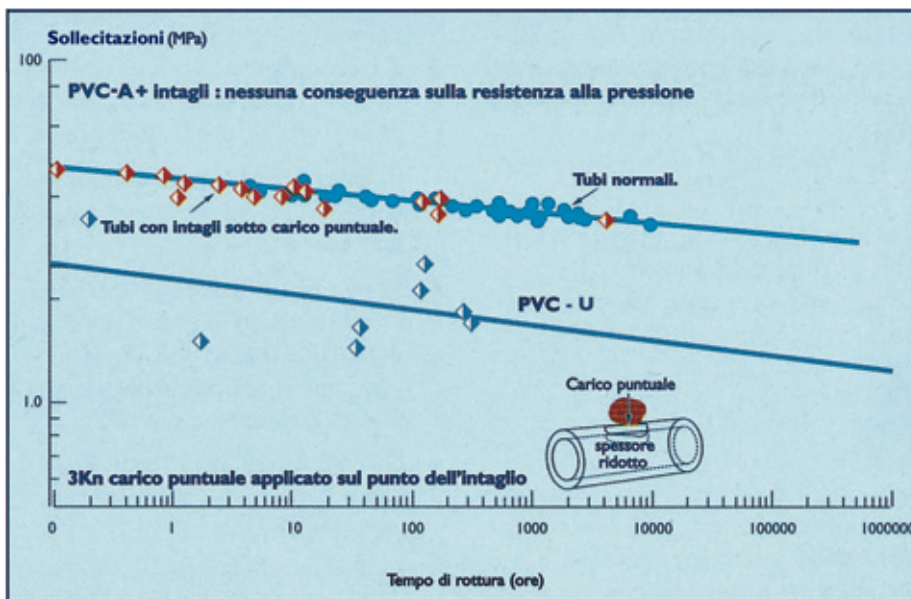
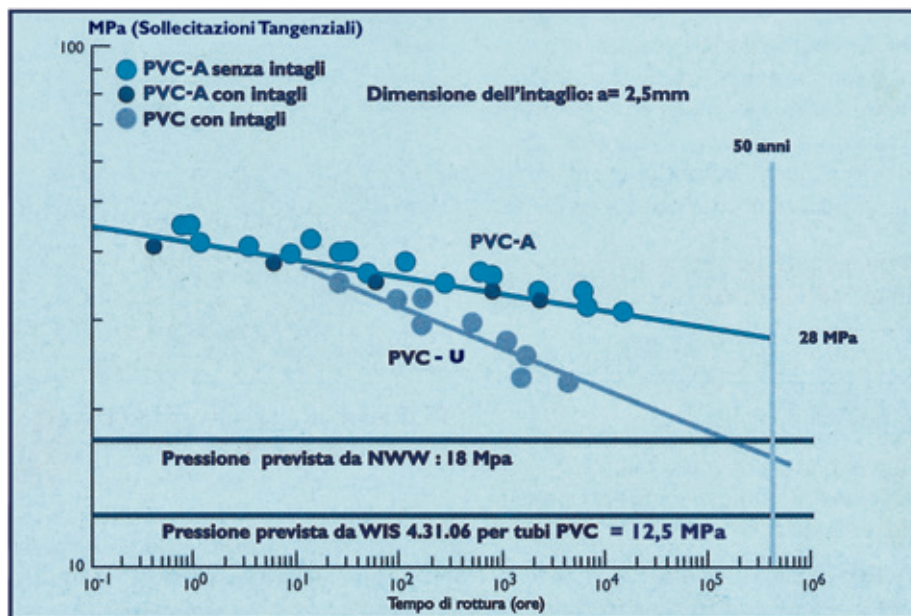



Grafico °3 – Effetto della cricca sulla regressione della resistenza a pressione interna.

Prova sotto carico puntuale

Tale prova si effettua per tener conto delle reali condizioni di esercizio. E' ben noto che nonostante le norme di posa prescrivano per tutti i materiali di preparare sotto il tubo un letto di materiale granulare, spesso i tubi si trovano appoggiati su spuntoni di pietre, mattoni o rocce. Questi carichi puntuali possono causare la rottura delle condotte.

Il **PVC-A** si deforma riducendo grandemente il rischio di rotture anche in presenza di intagli.

Prova di tenuta dei giunti

La guarnizione (costituita da due elementi: uno in EPDM più tenero che ha la effettiva funzione di tenuta, e uno in Polipropilene, più duro, che ha il compito di trattenere saldamente la guarnizione nella apposita sede del bicchiere), viene inserito in fabbrica a caldo nel bicchiere. Queste giunzioni consentono deviazioni angolari di 3°. Importanti sono le prove di tenuta sotto pulsazione della pressione per verificare il comportamento anche in presenza di sabbia o in caso di pressione negativa nella condotta. Tale sistema si dimostra superiore a qualsiasi altro oggi esistente sul mercato.

Tutti i test relativi alle prestazioni del materiale, delle guarnizioni e delle giunzioni nel trasporto di acqua in pressione hanno avuto sempre successo. Le prestazioni a lungo tempo sono di gran lunga superiori sia ai materiali plastici che metallici. Il tipo di prove di laboratorio, messe a punto in occasione della creazione del PVC-A consentono di prevedere il comportamento nel tempo con la massima affidabilità, cosa fondamentale nel caso dei plastici che mutano le loro caratteristiche nel tempo quando sono sottoposti a carichi anche se costanti.

Prove sono state eseguite in cantiere a partire dal 1990.

PRESTAZIONI DEI MATERIALI

Il **sistema Aquaforce/PVC-A** è stato concepito per fornire prestazioni ottimali nel trasporto di acqua in pressione (potabile, irrigua o reflua) o di altri fluidi in pressione o a gravità. La grande affidabilità del prodotto nel tempo consente alle Industrie dell'Acqua, agli Enti Gestori, ai Progettisti di prevedere in maniera esaustiva i costi nel tempo in quanto **PVC-A** presenta:

- alta resistenza all'avanzamento delle crepe (prodotto molto tenace).
- regressione delle specifiche perfettamente prevedibili (prodotto altamente affidabile poiché le nuove prove di laboratorio simulano le reali condizioni di esercizio).
- toughness elevata (misura la resistenza all'avanzamento della crepa. Il PVC-A è un materiale sempre duttile).
- grande resistenza all'urto.

Toughness

Conoscere questa grandezza significa conoscere il comportamento del materiale nei confronti delle eventuali crepe in esso presenti, o sapere se e quando il materiale sarà duttile o fragile. Caratteristica difficile da spiegare, ma fondamentale per valutare l'affidabilità del prodotto. Si misura in **$MN/m^{3/2}$** . La toughness è importante per definire la qualità di un tubo o per valutare le prove di laboratorio. Alcune prove per calcolare la toughness sono veloci e forniscono un'indicazione sulla qualità della produzione. Attraverso una sua attenta valutazione si è visto che la sua regressione nel tempo è di minor entità rispetto al PVC-U e al PEAD (vedi grafico 1).

Regressione

Come per tutti i materiali plastici anche il PVC-A (Aquaforce) viene sottoposto a un vasto programma di prove per valutare il comportamento nel tempo e per calcolare il valore del σ_s di sicurezza (sigma di progetto) a 50 o 100 anni.

L'affidabilità delle prove di laboratorio, effettuate su provini preventivamente in-

tagliati, consente di proiettare con sicurezza i dati ricavati dalle prove di breve periodo, fino a 50 o 100 anni.

Nel **grafico 2** (carico di rottura in funzione del tempo per un provino sottoposto a carico puntuale) è possibile evidenziare come i valori ricavati sui provini integri o sui provini intagliati sono situati sulla stessa linea, e questo ci conferma la duttilità e l'affidabilità delle previsioni sul comportamento del materiale nel tempo. Diverso, come si evince dal grafico, è il comportamento del PVC-U se intagliato.

Tutti i test normalmente usati, per valutare duttilità o resistenza a rottura, mostrano che PVC-A si comporta sempre in maniera duttile e con lacerazione ancora di tipo duttile.

Nel **grafico 3** è rappresentata la regressione del PVC-A (i dati sono relativi a sollecitazioni tangenziali su provini integri messi a confronto con altri che presentano intagli di profondità pari al 25% dello spessore della parete del tubo). Si noti che i risultati sono identici, quindi la presenza della criccatura non intacca le caratteristiche del materiale. Diverso è invece il comportamento del PVC-U per il quale la presenza dell'intaglio fa decadere più rapidamente (regredire) le caratteristiche di resistenza a rottura del prodotto.

Tutto ciò è importante allorché la posa non viene eseguita in maniera corretta e di conseguenza un materiale tradizionale vedrebbe seriamente ridotte le sue prestazioni.

Nel **grafico 4** viene evidenziata la grande resistenza alla crescita delle cricche del PVC-A/Aquaforce (in questo caso identica a quella del PEAD, ma nettamente superiore all'ABS). Sulle ordinate è riportata l'energia R necessaria per provocare una determinata crescita della cricca (in mm sulle ascisse).

Tutto ciò assicura che piccole discontinuità o concentrazioni di sforzi in un punto (per es. oggetti taglienti nel letto di posa del tubo) non lasciano sviluppare le cricche nel lungo periodo.

Grafico 4 – Resistenza alla crescita della cricca.

SISTEMA DI GIUNZIONE

Poichè l'acqua è una risorsa vitale, bisogna prendersi cura di essa, garantendo sistemi di trasporto affidabili e sicuri sia per la quantità che per la qualità. La nostra generazione ha una grande responsabilità: quella di evitare inquinamenti e sprechi delle risorse affinché queste si possano trasmesse integre ai nostri figli.

Per questa ragione norme nuove e più severe si stanno introducendo nel settore dei rifornimenti idrici e delle reti di raccolta delle acque reflue. Per rispettare i requisiti normativi sono richiesti sistemi di giunzione di elevata sicurezza con prestazioni costanti a lungo termine.

Le conoscenze acquisite dalla soc. Forsheda sulla chimica delle gomme, unite a un sofisticato sistema di progettazione, hanno consentito di pervenire alla guarnizione Forsheda 576 Anger – Lock, che offre nuovi standards di sicurezza.

Gomma EPDM

Negli ultimi anni la richiesta di prestazioni ottimali per le guarnizioni di tubi sono andate continuamente aumentando. La gomma EPDM (Etilene Propilene Dien-Metilene) è il materiale ideale per tali guarnizioni, poiché offre una elevata affidabilità, superando anche i requisiti previsti dalle relative norme.

La composizione chimica dell'EPDM fornisce una eccezionale alta resistenza agli effetti della luce UV, alle intemperie, all'ossidazione all'ozono. EPDM resiste anche all'attacco di un gran numero di acidi e soluzioni alcaline.

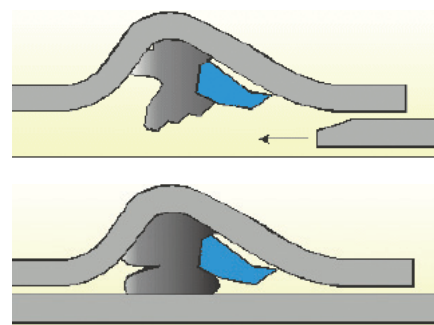
Considerate le eccellenti caratteristiche della forza di "restoring" del materiale possiamo attenderci un'ottima prestazione di tenuta fino a 100 anni.

Giunto Integrale

Il sistema di giunzione con Anger-Lock 576 Forsheda è costituito da un solo anello sul quale l'elemento in gomma EPDM (più morbido) e l'elemento plastico di rinforzo in PP (più duro) sono legati insieme a formare un pezzo unico. Questo giunto integrale agisce combinando insieme l'azione del labbro sul tubo entrante e la compressione della gomma nel bicchiere, bloccando la guarnizione dentro quest'ultimo.

Poiché la guarnizione fa parte integrante del tubo elimina molti degli svantaggi propri degli anelli di tenuta separati. La guarnizione viene posizionata nel bicchiere dal produttore di tubi. Le due caratteristiche (forma e componenti) garantiscono che la guarnizione sarà mantenuta saldamente nella sua sede sia durante il trasporto che durante la posa in opera.

Quando due tubi sono spinti uno nell'altro l'elemento di tenuta in gomma, che è stato progettato per deformarsi, crea una pressione di tenuta agendo sia sul bicchiere che sulla punta del tubo.

La pressione nella condotta può variare anche molto. In tali circostanze la guarnizione inevitabilmente si muoverà un poco. Molte guarnizioni tradizionali perciò consentono a particelle solide di entrare all'interno della giunzione. Al contrario la forma della guarnizione Forsheda 576 Anger-Lock previene il verificarsi di questo problema.

Bassa forza di Assemblaggio

La guarnizione Forsheda 576 Anger-Lock è stata progettata per facilitare il lavoro di posa dell'operatore dentro la trincea. E' impossibile perdere una guarnizione o sceglierne una errata. Viene così eliminato il rischio di commettere un errore durante l'assemblaggio. Quello che viene richiesto è la lubrificazione della punta del tubo. La forma del labbro richiede solo basse forze per il montaggio, facilitando il centraggio e la giunzione dei tubi e riducendo il rischio di spostamento della guarnizione.

Spesso tubi di grande diametro possono essere accoppiati senza la necessità di speciali attrezzature o apparecchi per il montaggio. Tubi e pezzi speciali possono essere montati in velocità e facilmente.

Prove

Sugli anelli di gomma vengono eseguiti tests simulando diverse condizioni di esercizio con speciali vibratori, quando la pressione del tubo muta da negativa a positiva –50kPa fino a 1,3Mpa per un periodo di un minuto e approssimativamente per 2000 cicli. Con gli anelli di gomma normali (vecchio tipo) c'è la possibilità di entrata di sabbia e sporcizia nella linea del tubo. La connessione con gli anelli di gomma Anger-Lock è perfetta e senza la possibilità di ingresso di sabbia o altre impurezze dentro il sistema di installazione. Gli anelli di gomma Anger-Lock, costruiti in EPDM sono conformi allo standard Europeo EN 681-1. E' stato anche provato che questi anelli possono essere usati a contatto acqua potabile fredda.

Vantaggi per l'impresa

Nella fase di montaggio la forza richiesta per l'inserimento dei tubi è nettamente inferiore, e l'operazione è più veloce e più sicura. La presenza di Anger Lock e il minor peso del tubo richiedono uno sforzo nettamente inferiore in fase di assemblaggio dei tubi.

RESISTENZA CHIMICA E ALLA CORROSIONE

Tubi e accessori di PVC-A presentano eccellente resistenza agli aggressivi ambientali che si incontrano in natura (per es. terreni solfatici) o nelle zone inquinate da attività industriali. Per un maggior approfondimento consultare anche le tabelle (pag. 16 e seguenti) che riportano le resistenze in presenza di prodotti specifici.

Aquaforce resiste pressoché a tutti i tipi di corrosione: chimica ed elettrochimica presenti in natura. Non essendo Aquaforce un buon conduttore non è sensibile a correnti vaganti di tipo galvanico o elettrochimico. Non essendo un materiale metallico resiste perfettamente a tutte le corrosioni proprie dei metalli. Quindi acque o terreni aggressivi (elevati contenuti di solfati o bassa durezza dell'acqua trasportata) non attaccano Aquaforce. Tubi e raccordi Aquaforce resistono anche a molti tipi di acque industriali e a vari prodotti chimici. Ciò consente tempi di vita maggiori, minori costi di manutenzione, riduzione del costo totale sull'arco di vita della condotta.

Resistenza agli attacchi biologici o alla crescita di microrganismi

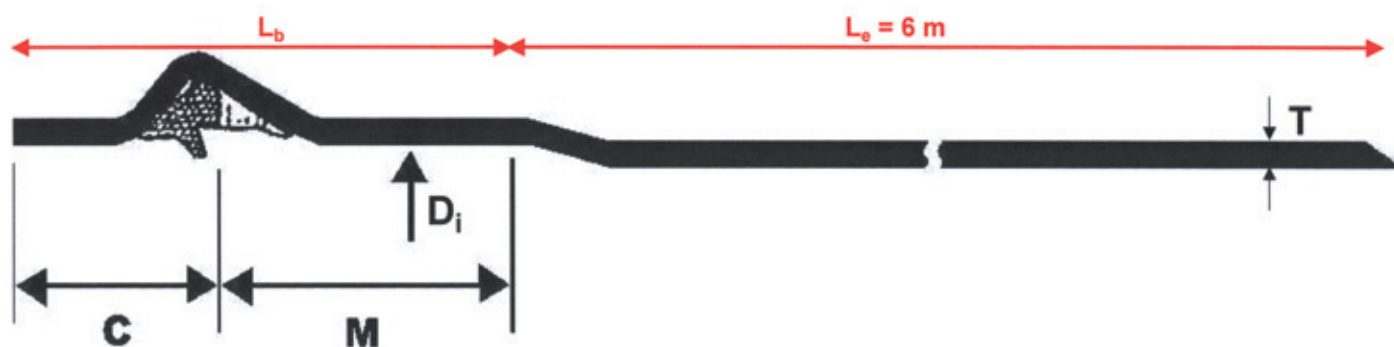
I sistemi di PVC-A non si deteriorano in presenza di batteri o altri micro-organismi e non sono nemmeno fonte di alimentazione per micro-organismi, macro-organismi o funghi.

Anche gli anelli di tenuta del sistema PVC-A, come richiesto dalla Water Industry, resistono agli attacchi biologici e non funzionano da supporto per la crescita di micro-organismi. Le guarnizioni usate sono in EPDM, materiale prescritto dalle norme inglesi per i raccordi di acqua potabile. Anche i lubrificanti della Wavin, usati per le giunzioni, sono stati testati ed approvati per l' uso negli schemi di trasporto di acqua potabile.

Anger-Lock: proprietà & benefici.

PROPRIETA'	BENEFICI PER L'UTENTE
Efficacia ed Affidabilità	• Maggiore affidabilità per la tenuta • Elevata prestazione della guarnizione • L'anello Anger-Lock che arriva sul cantiere è parte integrante del tubo: *- sul cantiere non c'è rischio di inserire guarnizioni sporche.* *- nessun rischio di smarrire anelli* *- nessun rischio di minor tenuta* • Compatibilità con altri tubi plastici • Risparmio nei tempi di prova. • Minor rischio di spostamenti dell'anello
Minor forza per assemblare i tubi	• Sistema più semplice, più sicuro, più veloce nell'uso e nel montaggio. • Risparmio di tempo nel montaggio • Manodopera ridotta • Nessuna macchina particolare richiesta per il montaggio • Nessun rischio di spostamento della guarnizione
Possibilità di deviazione angolare di 3°	• La tenuta del giunto è assicurata anche in presenza di una deviazione dei tubi • Minor rischio di spostamento tubo-guarnizione anche in terreni difficili. • Nessun rischio di errori e reclami

Gamma dei prodotti

Tubi pressione PN 8-10-12,5-16 bar con Giunto a Bicchiere

			90	110	140(*)	160	180(*)	200	250	280(*)	315	355(*)	400	450(**)	500(**)	630(**)
DN Diametro nominale (mm)			90	110	140(*)	160	180(*)	200	250	280(*)	315	355(*)	400	450(**)	500(**)	630(**)
Lunghezza reale (m)=L_e			6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
D_e Diametro esterno		min	90,0	110,0	140,0	160,0	180,0	200,0	250,0	280,0	315,0	355,0	400,0	450,0	500,0	630,0
		max	90,3	110,4	140,5	160,6	180,6	200,6	250,8	280,8	316,0	356,0	410,0	451,0	501,0	631,0
T Spessore parete (mm)	8bar (***)	min	-	-	3,3	3,6	4,1	4,5	5,6	6,3	7,1	8,0	9,0	10,1	11,2	14,1
		max	-	-	3,8	4,0	4,5	5,0	6,2	7,0	7,8	8,7	9,8	11,1	12,3	15,2
	10bar	min	-	3,1	3,9	4,5	5,0	5,6	7,0	7,8	8,8	9,9	11,2	12,5	13,9	17,5
		max	-	3,5	4,4	5,0	5,5	6,2	7,7	8,7	9,7	10,9	12,8	13,7	15,1	19,1
	12,5bar	min	3,1	3,8	4,9	5,6	6,3	6,9	8,9	9,7	10,9	12,3	13,8	15,6	17,3	21,8
		max	3,6	4,2	5,5	6,1	6,9	7,6	9,5	10,8	11,9	13,4	15,0	16,9	18,8	23,7
	16bar	min	4,0	4,9	6,2	7,0	7,9	8,8	11,0	12,3	13,8	15,6	17,5	19,7	21,9	27,6
		max	4,4	5,4	6,9	7,7	8,7	9,7	12,0	13,5	14,9	16,8	19,0	21,5	23,7	29,8
Peso (kg/m)	8bar (***)		-	-	2,2	2,7	3,5	4,2	6,6	8,4	10,7	13,6	17,2	21,9	27,2	43,5
	10bar		-	1,6	2,6	3,4	4,2	5,2	8,2	10,4	13,2	16,8	21,4	27,0	33,3	54,0
	12,5bar		1,3	1,9	3,2	4,1	5,2	6,4	10,1	12,8	16,1	20,6	26,0	33,2	41,2	66,6
	16bar		1,6	2,4	4,0	5,1	6,5	8,1	12,7	16,0	20,1	25,7	32,7	41,7	51,5	83,2

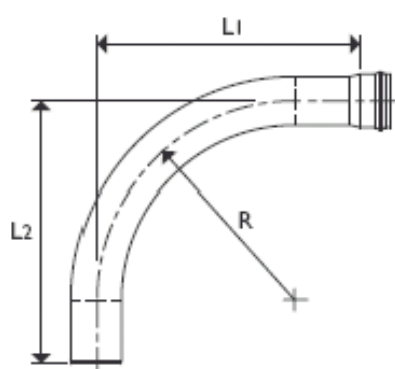
Colore: Blu e nero

(*) I diametri 140, 180, 280 e 355 non sono previsti nella PAS 27, la produzione di tali materiali viene eseguita solo su richiesta. Essi potrebbero essere equipaggiati con guarnizioni diverse da Anger-Lock.

(**) Il diametro 450 viene prodotto con bicchiere e guarnizione in EPDM. I diametri 500 e 600 attualmente prodotti su richiesta sono forniti con giunzione a manicotto e guarnizione in EPDM.

(***) La produzione di tali materiali viene eseguita solo su richiesta.

RACCORDI (*)

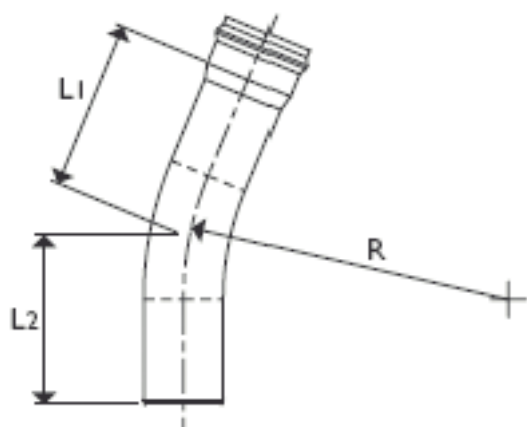
Curve PVC-A a 90° a largo raggio con un solo bicchiere

Diametro nominale (mm)		63	75	90	110	140	160	200	225	250	280	315	355	400	450	500	630
R Raggio		200	-	300	350	-	690	1015	-	1135	-	1375	1775	1800	1825	2350	2415
L_1 Lunghezza		-	-	600	675	-	970	1310	-	1520	-	1840	-	2230	2415	2830	-
L_2 Lunghezza effetiva		-	-	747	839	-	1164	1522	-	1759	-	2100	-	2525	2563	3152	-
Peso (kg/m)	10bar	-	-	2.1	2.9	-	7.8	15.9	-	27.8	-	51.4	-	98.8	127.7	189.5	-
	16bar	-	-	2.5	4.2	-	11.5	23.0	-	41.2	-	77.2	-	148.4	191.0	285.8	-

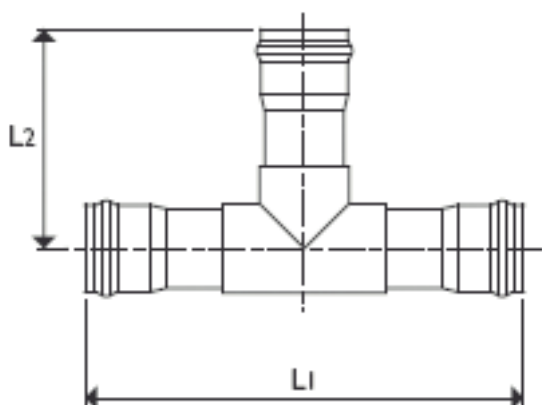
Curva PVC-A a 45° a largo raggio con un solo bicchiere

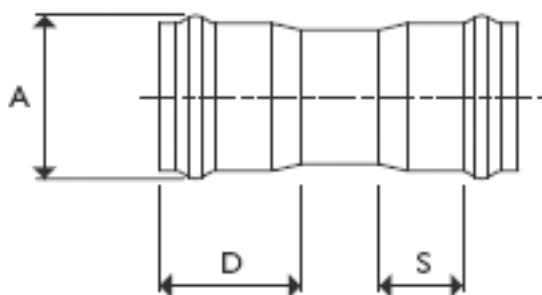
Diametro nominale (mm)		63	75	90	110	140	160	200	225	250	280	315	355	400	450	500	630
R Raggio		200	-	300	350	-	690	1015	-	1135	-	1375	1775	1800	1825	2350	2415
L_1 Lunghezza		-	-	417	460	-	566	700	-	845	-	983	-	1140	1160	1418	1450
L_2 Lunghezza effetiva		-	-	564	624	-	760	912	-	1084	-	1243	-	1435	1458	1740	1818
Peso (kg/m)	10bar	-	-	1.8	2.4	-	5.9	11.4	-	20.2	-	36.1	-	67.8	87.8	126.6	207.6
	16bar	-	-	2.1	3.4	-	8.6	16.3	-	29.6	-	53.6	-	100.4	129.3	188.7	306.9

Curva PVC-A a 22,5° a largo raggio con un solo bicchiere

Diametro nominale (mm)		63	75	90	110	140	160	200	225	250	280	315	355	400	450	500	630
R Raggio		200	-	300	350	-	690	1015	-	1135	-	1375	1775	1800	1825	2350	2415
L_1 Lunghezza		-	-	417	460	-	566	700	-	845	-	983	-	1140	1160	1418	1450
L_2 Lunghezza effetiva		-	-	564	624	-	760	912	-	1084	-	1243	-	1435	1458	1740	1818
Peso (kg/m)	10bar	-	-	1.8	2.4	-	5.9	11.4	-	20.2	-	36.1	-	67.8	87.8	126.6	207.6
	16bar	-	-	2.1	3.4	-	8.6	16.3	-	29.6	-	53.6	-	100.4	129.3	188.7	306.9

Curva PVC-A a 11,25° a largo raggio con un solo bicchiere

Diametro nominale (mm)	90	110	160	200	250	315	355	400	450	500	630
R Raggio	300	350	690	1015	1135	1375	1775	1800	1825	2350	2415
L_1 Lunghezza	360	393	432	627	627	706	-	788	792	961	980
L_2 Lunghezza effetiva	507	557	626	714	866	966	-	1083	1100	1283	1348

TI con tre bicchieri in PVC-A e corpo in PVC-U

Diametro nominale (mm)	90	110	160	200
L_1 Lunghezza	666	746	936	1108
L_2 Lunghezza effetiva	333	373	468	554

Doppio Bicchiere PVC-A

Diametro nominale (mm)	90	110	160	200	250	315
A Diametro esterno	-	-	-	-	-	-
D Profondità inserimento	-	-	-	-	-	-
S Profondità guarnizione	-	-	-	-	-	-

(*) tutti i raccordi sono disponibili su richiesta sia in colore blu che nero. Sono disponibili anche curve a doppio bicchiere, curve a corto raggio e TI ridotti.

Le dimensioni sono orientative, prima del progetto o dell'acquisto vanno controllate con il produttore

Progettazione

CALCOLO IDRAULICO

Gli abachi riportati nelle pagine che seguono sono stati ricavati considerando il diametro interno medio dei tubi per ogni classe di pressione. Le pressioni nominali considerate sono di 8-10-12,5-16 bar. Nella valutazione delle perdite di carico si è tenuto conto della eccezionale levigatezza dei tubi **PVC-A**. La superficie interna dei tubi è e si mantiene estremamente liscia, per cui il sistema nel suo insieme conserva la massima efficienza nel tempo per il trasporto di acqua potabile o reflua.

I vari schemi sono stati approntati usando la relazione di flusso di Colebrook-White per il calcolo del diametro del tubo e le relative perdite di carico. In questa equazione la velocità del flusso è rappresentata in funzione del diametro del tubo, della viscosità cinematica del fluido trasportato, dell'accelerazione di gravità, del coefficiente di scabrezza.

Equazione di Colebrook-White:

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2} = -2.\sqrt{2.g.J.D} \cdot \log \left(\frac{Ks}{3{,}7D} + \frac{2{,}5.\upsilon}{D.\sqrt{2.g.J.D}} \right)$$

V = velocità (m/sec)

g = accelerazione di gravità = 9,81 m/s²

J = perdita di carico (m/m)

υ = viscosità cinematica del fluido (per l'acqua a 15°C si è ipotizzato un valore di 1,141 x 10-6 m/sec²)

Ks = misura lineare della scabrosità effettiva = 0,003 mm (=0,000003 m)

D = diametro interno del tubo

Le perdite di carico causate dai raccordi sono proporzionali al quadrato della velocità del fluido. Esse possono essere calcolate tramite la seguente formula:

$$H = \frac{k \cdot V^2}{2 \cdot g}$$

H = perdita di carico (m)

g = accelerazione di gravità = 9,81 m/s²

k = coefficiente (in funzione del tipo di raccordo)

υ = velocità del fluido (m/s)

Curva 11,25° ▸ k = 0,025
Curva 22,50° ▸ k = 0,05
Curva 45° ▸ k = 0,1
Curva 90° ▸ k = 0,2

Carichi di Schiacciamento Esterni

Nelle normali condizioni di esercizio non è necessario verificare la prestazione dei tubi in PVC-A/Aquaforce per acqua in pressione per quanto riguarda la resistenza ai carichi del terreno e del traffico. Infatti durante l'esercizio la pressione interna genera una sollecitazione sulle pareti del tubo nettamente superiore alle sollecitazioni combinate del terreno e del traffico veicolare.

Tuttavia in alcuni casi, per es. quando si prevede che la condotta possa restare vuota per lunghi periodi, i tecnici possono chiedere di convalidare con delle verifiche la validità della condotta sotto carico esterno (schiacciamento in funzione del carico del terreno e del traffico veicolare). La tabella 1 fornisce una guida relativa alla profondità minima e massima alla quale il tubo di PVC-A può essere installato. Il metodo di calcolo seguito per costruire questa tabella è basato sulla teoria di M.G.Spangler. In particolare si è supposto che i tubi siano posati su strade principali di intenso traffico veicolare, che la deformazione del diametro, a tubo vuoto, non superi la massima consentita (6%), e che i tubi siano installati in un terreno coesivo granulare compattato moderatamente.

Contenimento delle spinte Blocchi di ancoraggio

Tutte le condotte in pressione con sistema di giunzione a bicchiere (non incollate o saldate) sono soggette a sollecitazioni che tendono a separarle. Nell'accoppiamento si dovrà prevedere una certa tolleranza al fine di tener conto delle forze generate, che altrimenti potrebbero causare deviazioni o sfilamento dei giunti.

Le spinte che si generano in una condotta in pressione sono sia di natura statica che dinamica. Esse devono essere ben calcolate al fine di conoscere la spinta totale che agisce sul giunto o in ogni cambio di direzione.

Diametro nominale (mm)			90	110	140 (*)	160	180 (*)	200	250	280 (*)	315	355	400	450	500	630
Trincea Stretta			0,40	0,45	0,50	0,50	0,50	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,70	0,75	0,80	0,95
Profondità (m)	10bar	min	-	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
		max	-	7,60	7,60	7,60	7,60	7,60	7,60	7,60	7,60	7,60	7,60	7,60	7,60	7,60
	12,5bar	min	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0'75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
		max	7,90	7,90	7,90	7,90	7,90	7,90	7,90	7,90	7,90	7,90	7,90	7,90	7,90	7,90
	16bar	min	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0'75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
		max	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50

Tabella 1 - Profondità di posa ammissibile. ▲

Le **spinte statiche** sono quelle legate alla pressione interna di esercizio e quindi si ricavano una volta conosciuta la massima pressione interna. Esse possono essere valutate con le seguenti relazioni:

- **Terminali e giunzioni:**

$$F = 10^2 \cdot A_e \cdot P \text{ [kN]}$$

- **Curve:**

$$F = 10^2 \cdot A_e \cdot P \cdot 2\text{sen } \alpha/2 \text{ [kN]}$$

Le **forze dinamiche** sono generate dallo scorrimento del fluido nella condotta nella stessa direzione delle forze statiche. Queste in genere sono di modesta entità se la velocità del fluido è bassa, ma diventano molto alte se la velocità supera 1,5 m/sec. Esse possono essere calcolate con le seguenti espressioni:

- **Curve:**

$$F = 2 \times 10^{-3} \cdot W \cdot A_i \cdot V^2 \cdot \text{sen } \alpha/2 \text{ [kN]}$$

Ai fini progettuali, e relativamente alle curve, le forze statiche e forze dinamiche possono essere combinate nella più semplice relazione:

$$F = (P+0{,}01V^2)\, 10^2 \cdot A_e \cdot 2\text{sen } \alpha/2 \text{ [KN]}$$

dove:

Ai = area sezione trasversale interna del tubo [mq]

Ae = area sezione trasversale esterna del tubo [mq]

P = pressione interna [bar]

W = densità del fluido trasportato (Acqua = 1000kg/mc)

V = velocità del fluido in condotta [m/sec]

α = angolo di deviazione della curva [°]

Nella **tabella 2** sono riportate le forze statiche relative a una pressione interna di 1 bar. Per avere la spinta generata dalle forze combinate basta moltiplicare i valori di tabella per il fattore:

$$(P + 0{,}01\, V^2)$$

I calcoli per ciascuna posizione devono essere tali che la spinta sia trasmessa ad un'area di terreno sufficientemente ampia al fine di fornire la reazione necessaria per contrastare la spinta senza spostamenti della condotta. Le tensioni ammissibili tipiche per i terreni più comuni sono riportate nella tabella 3.

NB – quando si costruiscono blocchi di contrasto in calcestruzzo si deve evitare il contatto diretto di Aquaforce con il CLS. Per proteggere il tubo bisogna utilizzare delle membrane (per es. di polietilene da 3 mm) al fine di consentire che i piccoli movimenti (come quelli generati dallo scorrimento delle molecole "creep" allorché il tubo è sotto carico) avvengano senza causare concentrazioni di sforzi puntuali. Per progettare il blocco di cemento bisogna tener conto del tipo di terreno circostante, della sua capacità di sopportare le spinte, della profondità di posa del tubo. Va anche tenuto presente che il blocco di cemento non deve essere avvolto tutto intorno al tubo, ma la sua forma deve essere tale da agire solo su metà ca. della superficie esterna dello stesso. La forma ideale del blocco è quella di una figura geometrica di altezza costante e base trapezoidale.

Tabella 2 - Forze di spinta per ogni bar di pressione.

Diametro Nominale E esterno (mm)	Spinta sul tappo KN	Spinta radiale sulle curve			
		90°KN	45°KN	22,5°KN	11,25°KN
90	0,64	0,91	0,49	0,25	0,13
110	0,95	1,36	0,73	0,37	0,19
160	2,01	2,87	1,55	0,79	0,40
200	3,14	4,49	2,43	1,24	0,62
250	4,91	7,01	3,80	1,93	0,97
315	7,79	11,1	6,03	3,07	1,54
400	12,6	17,9	9,72	4,95	2,49
450	15,9	22,7	12,3	6,27	3,15
500	19,7	28,1	15,2	7,74	3,89
630	31,2	44,5	24,1	12,3	6,17

Tabella 3 – Sollecitazioni ammissibili sul terreno

Tipo terreno	σ_{amm} terreno Kg/cm²
Limi o argille con acqua	0,1
Argille coerenti	1,5 ÷ 1
Argille e sabbie compatte e dure	1,5 ÷ 2,5
Terreni ghiaiosi e ciottolosi incoerenti	3 ÷ 4
Terreni stratificati, rocce tenere	5 ÷ 10
Rocce dure e graniti	> 15

Carichi ciclici

Per tutti i materiali plastici (e quindi anche per il PVC-A), all'atto della progettazione, è importante verificare gli effetti del colpo d'ariete e dei carichi ciclici. I due termini "Colpo di Pressione" e "Sollecitazione a Fatica" sono spesso usati insieme. In realtà, pur essendo i due fenomeni generati dalle stesse cause (rapida chiusura o apertura di pompe, valvole, saracinesche), essi vanno considerati separatamente poiché provocano diversi effetti sui materiali.

Colpo d'ariete

Si tratta di un evento isolato provocato dalla rapida chiusura di una valvola o dal blocco improvviso di una pompa. In tal caso la pressione interna può subire in tempi brevissimi un aumento repentino senza però causare problemi di affaticamento.

Per una corretta valutazione del colpo di pressione bisogna conoscere il modulo elastico **E** del materiale **Aquaforce**. Per la sua valutazione si usa la formula seguente:

$$E \text{ [Gpa]} = 1{,}75 \times (\text{tempo in ore})^{-0{,}053}$$

Valori di E per tempi molto brevi:

E = 3,05 Gpa per t = 0,1 secondi

E = 2,79 Gpa per t = 1 secondi

E = 2,39 Gpa per t = 10 secondi

Il suo valore per il calcolo della celerità è pari a 2,5 Gpa = 2500 MPa. I valori per valutare invece la Rigidità a breve (1 anno) o a lungo termine (50 anni) sono rispettivamente 1082 Mpa e 879 Mpa. Per stabilire se il tubo resiste al colpo d'ariete (funzione della pressione di esercizio e della velocità del fluido in condotta) bisogna calcolare il picco di pressione. Esso coincide con l'evento peggiore (per es. blocco contemporaneo di tutte le pompe). La verifica si può fare usando i fattori relativi al colpo di pressione che sono riportati nel grafico. Essi sono calcolati in funzione della velocità con cui la pressione aumenta all'interno della condotta. Quando non esiste certezza su questa velocità si presume di trovarsi nel caso peggiore e si applica il valore 2.

Esempio d'uso del fattore di verifica della tubazione soggetta a un colpo di pressione

Condotta **Aquaforce** che trasporta acqua in pressione (pressione di esercizio: 6 bar). Classe di pressione scelta = PN8)

- Picco di pressione calcolato per arresto di una pompa = 12 bar
- In fig. 1 per una velocità 2bar/sec si ricava per PVC-A un fattore correttivo della pressione nominale = 2,25.
- Resistenza di un tubo PN 8 = 18 bar (cioè 8 x 2,25)
- Il tubo è verificato in quanto il picco di pressione è 12 bar mentre il tubo può resistere fino a 18 bar.

Pressioni negative

Una condotta può trovarsi anche in condizioni di depressione o vuoto spinto. Un tubo di PVC-A se la posa è stata eseguita a regola d'arte e il terreno è stato ben costipato, può resistere a pressioni negative associate a vuoto spinto.

Sollecitazioni a fatica

Per rottura a fatica si intende una rottura che avviene a seguito di ripetuti cicli di pressione (aumenti e riduzione di pressione sotto la PN, legati all'avvio e all'arresto periodico di pompe o alla chiusura e apertura ripetuta di valvole). Quando si disegna una condotta si raccomanda ai progettisti di tener conto di questi carichi ciclici. Comunemente si accetta che sia la variazione di pressione totale (cioè la differenza tra la massima pressione e la minima che si registra in condotta) quella che determina la diminuzione del tempo di vita per affaticamento. Nella progettazione con tubi Aquaforce si terrà conto di questi carichi ciclici che vanno a incidere sulla regressione delle caratteristiche della condotta nel tempo. In tab. 4 sono riportati i fattori di correzione della PN.

Esempio d'uso di Fattori di Ri-classificazione della PN causati da affaticamento

Supponiamo di trovarci in presenza di una condotta che subisce 48 sbalzi di pressione di 8 bar ogni giorno, e che la temperatura in condotta sia di 10°C. In tal caso la pressione nominale da scegliere sarà:

- **1,51** (vedi tabella 4) **x 8 = 12,08 bar)**
- **quindi sceglieremo un tubo Aquaforce di classe PN 12,5.**

Ulteriori consigli sul colpo d'ariete o sull'affaticamento di una condotta sotto carichi ciclici si trovano in Design Against Surge and Fatigue Conditions for Thermoplastic Materials della UK Water Industry Information and Guidance Note/2006.

Figura 1 - In figura sono riportati i fattori correttivi da usare in caso di colpo d'ariete nei progetti di reti con Aquaforce.

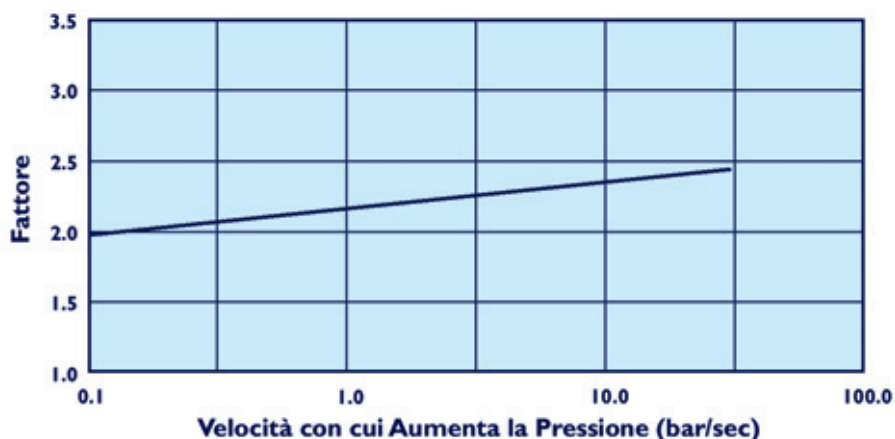



Figura 2 - Decadimento per la temperatura.

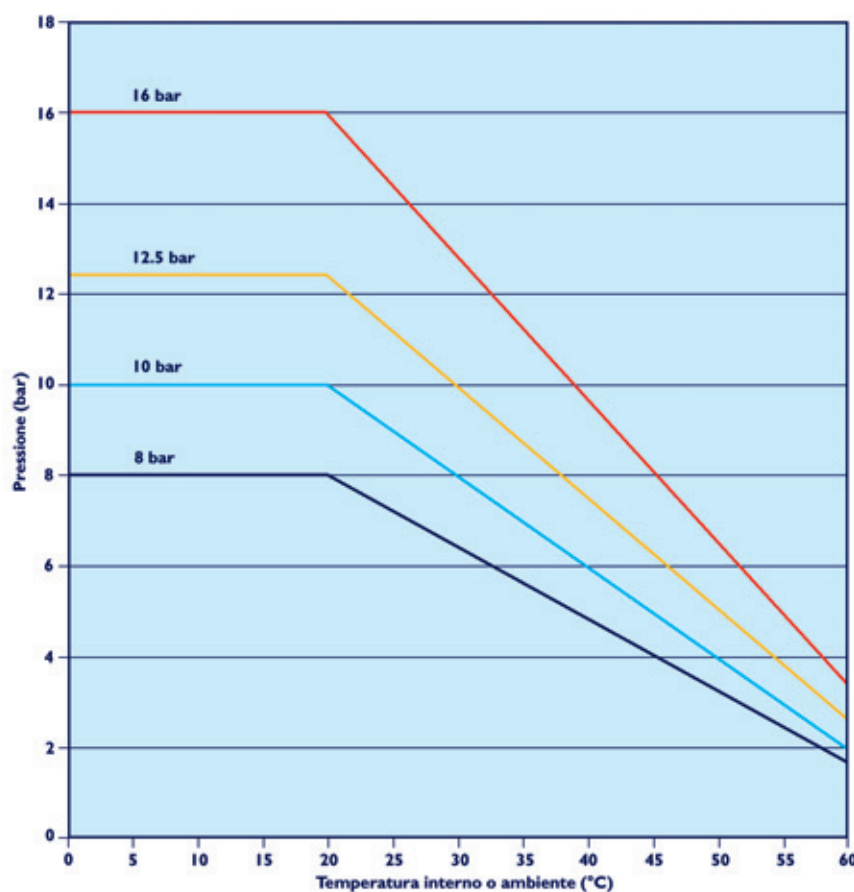



Tabella 4 - Fattori Raccomandati per la Ri-classificazione (Re-rating) di PVC-A/ Aquaforce sottoposto a sollecitazione di fatica.

Frequenza giornaliera	Frequenza oraria	Totale cicli in 50 anni	Fattore					
			5° C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C
4	0,2	73000	0,67	0,72	0,85	1.0	1,14	1,30
24	1,0	430.000	1,14	1,22	1,45	1,7	1,94	2,21
48	2,0	876.000	1,41	1,51	1,79	2,1	2,39	2,73
120	5,0	2.190.000	1,88	2,02	2,38	2,8	3,19	3,64
240	10,0	4.380.000	2,35	2,52	2,98	3,5	3,99	4,55
1200	50,0	22.000.000	3,75	4,38	4,76	5,6	6,38	7,28

Influenza della temperatura sulle prestazioni

Tutti i materiali plastici subiscono un decadimento delle resistenze se assoggettati ad alte temperature.

Anche Aquaforce, allorché la temperatura supera i valori ottimali di 20°C, subirà un declassamento della sua pressione nominale (o comunque una riduzione della sua vita di servizio).

Nel Regno Unito già da alcuni anni si consiglia di declassare la pressione nominale del 2% per ogni grado di aumento della temperatura. Si consiglia inoltre di non superare una temperatura massima di 60°C.

Nella **figura 2**, per ogni pressione nominale è stato riportato il de-rating (la svalutazione) delle prestazioni all'aumentare della temperatura. Così se un tubo PN 8bar va bene a 20°C, per mantenere le stesse prestazioni nel tempo a 30°C bisogna ricorrere a un PN10 e a 40°C a un PN 12,5 e a 45°C a un PN 16bar.

Resistenza alla corrosione

Il PVC-A/Aquaforce resiste pressoché a tutti i tipi di corrosione: chimica ed elettrochimica presenti in natura. Non essendo **Aquaforce** un buon conduttore esso non è sensibile a correnti vaganti di tipo galvanico o elettrochimico. Non essendo poi un materiale metallico esso resiste perfettamente a tutte le corrosioni proprie dei metalli. Quindi acque o terreni aggressivi per elevati contenuti di solfati o per bassa durezza dell'acqua trasportata non attaccano **Aquaforce**. Tubi e pezzi speciali in **Aquaforce** sono anche resistenti a molti tipi di acque industriali e a prodotti chimici, per cui consentono cospicui vantaggi in termini di più lunghi tempi di vita e di minori costi di manutenzione, con conseguente riduzione del costo totale sull'intero arco di vita della condotta.

Resistenza chimica

Nelle tabelle seguenti sono riportate le resistenze di Aquaforce a vari agenti chimici , ricavate da "General Principles and Choice of Material". In caso di progetti specifici altre notizie possono essere raccolte nel Manuale "WRC Material Selection" o richieste al fornitore.

Tabella 5 - Raccomandazioni nel trasporto di agenti chimici

Chemical	Concentration	Rating at 20°C	
		Hep30	EDPM
Acetaldehyde	40% (w/v) soln.	+	+
	I 00% (w/v) soln.	0	0
Acetic acid	10% (w/v) soln.	+	+
	60% (w/v) soln.	+	0
	Glacial	0	+
Aceti anhydride	Technically pure	-	+
Acetone	Technically pure	-	+
	Up to 10% aqueous	-	0
Adipic acis	Staturated aqueous	+	+
Alcocholic spirits			
Aliphatic hydrocarbons		+	+
Aluminium chloride	10% aqueous	+	+
	Staturated	+	+
Aluminium fluoride		+	+
Aluminium hydroxide		+	+
Aluminium nitrate		+	+
Aluminium oxalate		+	+
Aluminium oxichloride		+	+
Aluminium potassium sulphate (alum)		+	+
Aluminium sulphate	10% aqueous	+	+
	Cold saturated aqueous	+	+
Ammonia	Gaseous technically pure	+	+
Ammonia solution (ammonium hydroxyde)	Aqueous cold staturated	+	+
	Aqueous 10%	+	+
	Aqueous Staturated	+	+
Ammonium carbonate	50% aqueous	+	+
Ammonium cloride	Aqueous 10%	+	+
	Aqueous cold saturated	+	+
Ammonium ferrous citrate		+	+
Ammonium fluoride	25%	-	+
Ammonium hydrogen difluoride		+	+
Ammonium metaphosphate		+	+
Ammonium nitrate	Aqueous 10%	+	+
	Aqueous staturated	+	+
Ammonium orthophosphate		+	+

Chemical	Concentration	Rating at 20°C	
		Hep30	EDPM
Ammonium persuphate		+	+
Ammonium sulphate	10% aqueous	+	+
	Aqueous staturated	+	+
Ammonium thiocyanate		+	+
Ammonium zinc chloride			
Amyl acetato	technically pure	-	+
Amyl alchol	Technically pure	-	+
Aniline	Technically pure	-	0
Aniline hydrocloride	Technically pure	+	0
Anthàquinone		+	-
Anthraquinone sulphonic acid		+	+
Antimony tricloride	90% aqueous	+	+
Aqua regla	Diluite	+	C
Arsenic acid	80% aqueous	+	-
Aryl sulphonic acids		+	-
Barium carbonate		+	+
Barium chloride		+	+
Barium hydroxide	Aqueous staturated	+	+
Barium sulphate		+	+
Barium sulphite		+	+
Beer	Usualcommercial	+	+
Benzaldehyde	100% staturated aqueous	-	+
Benzene	Technically pure	-	C
Benzoic acid	All aqueous	+	+
Benzyl alcohol	Technically pure	0	0
Bismuth carbonate		+	+
Borax, see disodium tetraborate	All aqueous	+	+
Boric acid	All aqueous	+	+
Boron trifluoride			
Brine		+	+
Bromine Liquid		-	C
Bromomethane (methyl bromide)		-	-
Butadiene	Technically pure	+	C
Butane	Technically pure	+	C
Butanols	Technically pure	+	+

Chemical	Concentration	Rating at 20°C	
		Hep30	EDPM
Butyl acetate	Technically pure	-	0
Butylphenols	Technically pure	+	C
Butiryric acid	20% aq. soln.	-	-
Calcium carbonate		+	+
Calcium chlorate		+	+
Calcium chloride	Saturated aqueous all	+	+
Calcium hydrogen sulphite		+	+
Calcium hydroxide	Aqueous staturated	+	+
Calcium hypohloride	Cold saturated aqueous		
Calcium nitrate	50% aqueous	+	+
Calcium sulphate			
Calcium sulphite		-	-
Carbon dioxide (carbonic acid)	Technically pure anhydrous	+	+
	Technically pure moist	+	+
Carbon disulphide	Technically pure	-	C
Carbon monoxide	Technically pure	+	+
Carbon tetrachloride	Technically pure	-	-
Casein	Technically pure	+	+
Chloral hydrate	Technically pure	+	+
Chloric acid	10% aqueous	+	C
	20% aqueous	+	C
Clorine, gas	10% dry	+	+
	I00%	-	-
	10% moist	-	+
Clorine water	Saturated	+	+
Chloraacetic acid mono	Technically pure	+	+
	50% aqueous	+	+
Chlorobenzene	Technically pure	-	-
Chloroethane (ethiyl chloride)		-	-
Chloroform	Technically pure	-	-
Chloromethane (methyl chloride)	Technically pure	-	-
Chlorosulphonic acid	Technically pure	+	C
Chromic acid	Up to 50% aqueous	+	C
	All aqueous	+	C
Chromiic potassium sulphate (chrome alum)	Aqueous 10%	+	+
Cider	Usual commercial	+	+
Citric acid	10% aqueous	+	+
Copper chloride		+	+
Copper cyanide		+	+
Copper fluoride		+	+
Copper nitrate		+	+
Copper sulphate		+	+
Cresols	Up to 90% aqueous	0	C
Crotonoaldehyde	Technically pure	-	C
Cyclohexanol	Technically pure	-	-
Cyclohexan	Technically pure	+	+
Detergents(synthetic)	Diluited for used	+	+
Developpers (photographic)	Usual commercial	+	+
Dextrin	Usual commercial	+	C
Dextrose		+	+
Dibutyl phthalate	Technically pure	-	+
Dichlorobenzene	Technically pure	-	-
Dichlorodifluoromenthane		+	+
Dichloroethane (ethilene dichloride)		-	-
Dichloroethylene	Technically pure	-	-
Dichloromethane (methylene chloride)		-	-
Diesel oil		-	-
Digol (diethylene glycol)		+	+
Dimetylamine	Technically pure	0	-
Dioctyl phthalate	Technically pure	-	0
Dioxane	Technically pure	-	+

Chemical	Concentration	Rating at 20°C	
		Hep30	EDPM
Dodecanoic acid (lauric acid)		+	+
Dodecanol (lauryl alcohol)		+	+
Emulsifiers	All	+	+
Emulsion (photografic)		+	+
Ethane		+	+
Ethanediol (ethilene glycol)		+	+
Ethanol (ethyl alcohol)†	95% - 100%	+	-
	40% (v/v) aq. soln.	+	+
Ethers	Technically pure	-	-
Ethyl acetato	Technically pure	-	+
Ethyl alcohol	Technically pure 96%	+	+
Ethyl butyrate		-	-
Ethyl chloride	Technically pure	-	+
Ethyl formate	Technically pure	-	-
Ethyl lacate	Technically pure	-	-
Ethyl glycol	Technically pure	+	+
Ethyl oxide (oxiran)	Technically pure liquid	-	C
Fatty acid	Technically pure	+	+
Ferric chloride		+	+
Ferric nitrate		+	+
Ferric sulphate		+	+
Ferrous chloride		+	+
Ferrous sulphate		+	+
Fertilizer salt	Aqueous	+	+
Fixing soln. (photographic)		+	+
Flourine	Technically pure	0	C
Fluorosilicic acid	conc.	+	+
Formaldehyde	40% (w/w) aq. soln.	+	+
	3% aq. soln.	+	+
	10% aq. soln.	+	+
	25% aq. soln.	+	+
	50% aq. soln.	-	+
Fructose	I00% aq . sol n .	-	-
		+	+
Fruit juice	Usual commercial	+	+
Furfuraldehyde (furfural)	Technically pure	-	-
Glucose		+	+
Glycerol		+	+
Glycol		+	+
Glycolic acid	37% Aqueous	+	0
Grape sugar		+	+
Heptane	Technically pure	+	-
Hexadecanol (cetyl alcohol)		-	-
Hydrobromic acid	50% (w/v) aq. soln.	+	+
Hydrochloric acid	5% aqueous	+	+
	1 0% aqueous	+	+
	Up to 30% aqueous	+	+
	36% aqueous	+	+
Hydrocynamic acid	10% (w/v) aq. soln.	+	+
Hydrofluoric acid	4% (w/v) aq. soln.	+	+
	40% (w/v) aq. soln.	+	C
	60% (w/v) aq. soln.	+	C
	conc.	C	C
Hydrogen	Technically pure	+	+
Hydrogen bromide	anhydrous	+	+
Hydrogen chloride	anhydrous	+	C
Hydrogen fluoride	anhydrous	+	-
Hydrogen peroxide	3% (w/v) aq. soln.	+	C
	I0% (w/v) aq. soln.	+	C
	30% (w/v) aq. soln.	+	C
	90% (w/v) aq. soln.	+	C

Chemical	Concentration	Rating at 20°C	
		Hep30	EDPM
Hydrogen sulphide		+	+
Hydroxylammonium sulphate		+	C
Hypochlorous acid		+	+
Iodine	soln. in potassio iodine	-	0
Iron salt	All aqueous	+	+
Isopropyl alcohol	Technically pure	+	+
Lactic acid	10% (w/v) aq. soln.	+	+
Lactic acid	100% (w/v) aq. soln		
Lanolin	Technically pure	+	C
Lauric acid	Technically pure	+	C
Lauryl alcohol	Technically pure	+	+
Lead acetate		+	+
Lead arsenate		+	+
Lead nitrate		+	+
Lead tetraetyl		+	+
Linoleic acid		+	+
Linseed oil		+	C
Magnesium carbonate		+	+
Magnesium chloride		+	+
Magnesium hydroxide		+	+
Magnesium nitrate		+	+
Magnesium sulphate		+	+
Maleic acid	25% (w/w) aq. soln.	+	C
	50% (w/w) aq. soln.	+	C
	conc.	+	C
Maleic acid	1% Aqueous	+	C
Manganese sulphate		+	+
Mercuric chloride		+	+
Mercuric cyanide		+	+
Mercurous nitrate		+	+
Mercury		+	+
Metallic soaps (water soluble)		+	+
Metyl acetato	Technically pure	-	C
Metyl bromide	Technically pure	-	C
Metyl chloride	Technically pure	-	C
Metyl ethyl ketone	Technically pure	-	C
Metyl hydrogen sulphate	90% (w/w) aq . sol n.	+	+
Metyl sulphate		+	+
Methylated spirits		-	-
Metylcycloexanone		-	-
Methylene chloride		-	C
Milk	Usual commercial	+	+
Mineral oils		+	+
milasses	Usual commercial	+	+
Monochlorobenzene		-	-
Naphtha		+	-
Naphthene	Technically pure	-	C
Nickel chloride	Cold saturated aqueous	+	+
Nickel nitrato	Technically pure aqueous	+	+
Nickel sulphate	Technically pure aqueous	+	+
Nicotonic acid		+	+
Nitric acid	5% (w/w) aq. soln.	+	+
	10% (w/w) aq. soln.	+	+
	25% (w/w) aq. soln.	+	+
	50% (w/w) aq. soln.	-	C
	70% (w/w) aq. soln.	-	C
	95% (w/w) aq. soln.	-	C
Nitrobenzene	Technically pure	-	C
Nitropropane	Technically pure	-	C
Nitrous fumes	Low, wet & dry	+	+

Chemical	Concentration	Rating at 20°C	
		Hep30	EDPM
Octane		+	+
Oleic acid	Technically pure	+	0
Ortophosphoric acid	20% aq . sol n.	+	+
	30% aq. soln.	+	+
	50% aq. soln.	+	+
	95% aq. soln.	+	-
Oxalic acid	Cold saturated aqueous	+	+
Oxygen	All	+	+
Ozone	Up to 2% air	+	+
	Cld saturated aqueous	+	+
Palm oil		+	C
Palmitic acid	l 0%	+	C
Paraffin oil		+	C
Pentane		+	+
Perchloric acid	10%	+	C
	70%	0	C
Petroleum		+	C
Petroleum spirit		+	C
Phenol		-	-
Phenylcarbinol	Technically pure	-	-
Phenylhydrazine	Technically pure	-	-
Phenylhydrazine hydrochloride	Aqueous	+	+
Phosgene	Gas	+	C
	Liquid	-	C
Phosphates		+	+
Phosphine		+	+
Phosphoric acid	Up to 30% aqueous	+	C
	50% aqueous	+	C
	85% aqueous	+	C
Phosohorus pentoxide	Technically pure	+	+
Phosohorus trichloride		-	-
Picric acid	1% (w/w) aq. soln.	-	-
Polyglycol ethers		+	+
Potassium acid sulphate		+	+
Potassium antimonate		+	+
Potassium bicarbonate		+	+
Potassium bichromate		+	+
Potassium bisulphate		+	+
Potassium borate		+	+
Potassium bromate	Col saturated aqueous	+	+
Potassium bromide	All aqueous	+	+
Potassium carbonate		+	+
Potassium chlorate		+	+
Potassium chloride	All aqueous	+	+
Potassium chromate	Col saturated aqueous	+	+
Potassium cuprocyanide		+	+
Potassium cyanide	Col saturated aqueous	+	+
Potassium dichromate		+	+
Potassium ferricyanide		+	+
Potassium ferrocyanide		+	+
Potassium fluoride		+	+
Potassium hydrogen carbo		+	+
Potassium hydrogen sulph		+	+
Potassium hydrogen sulphit		+	+
Potassium hydroxide	1% (w/w) aq. soln.	+	+
	l0% (w/w) aq. soln	+	+
	conc soln.	+	+
Potassium hypochloride		+	+
Potassium nitrate	50% aqueous	+	+
Potassium orthophosphate		+	+

Chemical	Concentration	Rating at 20°C	
		Hep30	EDPM
Potassium perborate		+	+
Potassium perchlorate	10% soln.	+	+
Potassium permanganate	10% soln.	+	+
	conc soln.	+	+
Potassium sulphate	All aqueous	+	+
Potassium sulphitde		+	+
Potassium thiosulphate		+	+
Propane	Technically pure liquid	+	C
	Technically pure gas	+	C
Propylene oxide	Technically pure		
Quinol		+	+
Ramasit	usual commercial	+	+
Salicylic acid		+	+
Sea water		+	+
Selenic acid		+	+
Silver acetate		+	+
Silver cyanide	All aqueous	+	+
Silver nitrate		+	+
Soap solution (aqueous)		+	+
Sodium acetate		+	+
Sodium aluminate		+	+
Sodium antimonate		+	+
Sodium benzoate	Cold saturated aqueous	+	+
Sodium bicarbonate	Cold saturated aqueous	+	+
Sodium bisulphate	10% aqueous	+	+
Sodium bisulphite	All aqueous	+	+
Sodium borate			
Sodium bromide	All aqueous	+	+
Sodium carbonate	Cold saturated aqueous		
Sodium chlorate	All aqueous	+	+
Sodium chloride	All aqueous	+	+
Sodium cyanide		+	+
Sodium ferricyanide		+	+
Sodium ferrocyanide		+	+
Sodium fluoride	Cold saturated aqueous	+	+
Sodium hydrogen carbonate		+	+
di Sodium hydrogen orthophosphate		+	+
Sodium hydrogen sulphate		+	+
Sodium hydrogen sulphite		+	+
Sodium hydroxide	1% (w/w) aq. soln.	+	+
	10% (w/w) aq. soln.	+	+
	40% (w/w) aq. soln.	+	+
Sodium hydroxide continued	conc soln.	+	+
Sodium hypochloride	l 5% availlable chlorine	+	+
Sodium hyposulphate		+	+
Sodium metaphosphate		-	-
Sodium nitrate	Cold saturated aqueous		
Sodium nitrite	Cold saturated aqueous		
tri Sodiumortophosphate		-	-
Sodium perborate		-	-
Sodium peroxide		-	-
Sodium silicate	All aqueous	+	+
Sodium sulphate	Cold saturated aqueous	+	+
Sodium thiosulphate	Cold saturated aqueous	+	+
Soft soap		+	+
Stannic chloride	chloride	+	+
Stannous chloride		+	+
Starch	Usual commercial	+	C
Stearic acid		+	C

Chemical	Concentration	Rating at 20°C	
		Hep30	EDPM
Sucrose		+	+
Sulphur	colloidal	+	+
Sulphur dioxide	dry	+	+
	moist	-	-
	liquid	-	-
Sulphur trioxide		+	+
Sulphuric acid	10% (w/w) aq. soln.	+	+
	20% (w/w) aq. soln.	+	+
	30% (w/w) aq. soln.	+	+
Sulphuric acid	40% (w/w) aq. soln.	+	+
	50% (w/w) aq. soln.	+	+
	55% (w/w) aq. soln.	+	+
	60% (w/w) aq. soln.	+	+
	70% (w/w) aq. soln.	+	+
	80% (w/w) aq. soln.	-	-
	90% (w/w) aq. soln.	-	-
	95% (w/w) aq. soln.	-	-
Sulphurous acid	10% aq. soln.	+	C
	30% aq. soln.	+	C
Surface active agents	all	+	+
Tallow	Technically pure	+	C
Tannic acid	All aqueous	+	+
Tranning extracts	Usual	+	+
Tartaric acid	All aqueous	+	C
Tetraethyl lead	Technically pure	+	+
Tetrahydrofuran	Technically pure	-	-
Tetrahydronaphtalene (tetralin)	Technically pure	-	-
Thionyl chloride	Technically pure	-	C
Toluene	Technically pure	-	C
Transphormer oil	Technically pure	+	+
Tributyl phosphate	Technically pure	-	-
Thionyl chloride	Technically pure	-	C
Trichloroacetic acid	Technically pure	0	0
	50% aqueous	+	0
Trichlorobenzene		-	-
Trichloroethane		-	-
Trichloroethylene		-	-
Triethanolamine		+	-
Trigol		+	+
Trimetylamine		-	-
Trimetylol propane		+	+
Trisodium phosphate		+	+
Turpentine	Technically pure	-	-
Urea	Up to 30% aqueous	+	+
Vegetable oils	Usual commercial	+	-
Vinegar		+	+
Vinyl acetate monomer		-	-
Vinyl acetate polimer		+	+
Water	Condensed	+	+
Water	Distilled deionised	+	+
Water	Drynking	+	+
Water	Waste without organic solvent	+	+
Wetting agents	Up to 5% aqueous	+	+
Wines and spirits	Usual commercial	+	+
Xylene	Technically pure	-	C
Xylenol		-	C
Zinc salt		+	+

Istruzioni per la posa

OPERAZIONI SUL CANTIERE: TRASPORTO, STOCCAGGIO E MOVIMENTAZIONE

Movimentazione

I tubi **Aquaforce** sono leggeri, facili da posare, robusti, resistenti all'urto e all'uso improprio durante le operazioni sul cantiere. Si consiglia comunque di rispettare le procedure suggerite dal fornitore. In particolare si devono evitare danneggiamenti al corpo del tubo. Quando i tubi vengono sollevati con mezzi meccanici, bisogna evitare contatti del tubo o del giunto con ganci o catene. I tubi fino al diametro 315 mm possono essere movimentati a mano con facilità. Nei cantieri che presentano particolari difficoltà è preferibile l'impiego di mezzi meccanici. Durante la movimentazione in cantiere e soprattutto durante lo sfilamento lungo lo scavo si deve evitare il trascinamento dei tubi sul terreno. Un simile trattamento potrebbe infatti provocare rigature profonde prodotte da sassi o da oggetti acuminati e conseguenti danni in fase di collaudo o esercizio.

Trasporto

Tutti i tubi **Aquaforce** vengono consegnati provvisti di tappi di chiusura per garantire che arrivino in cantiere nelle migliori condizioni. I particolari relativi alle confezioni sono riportati nella tabella 5. I tubi dovrebbero essere caricati con bicchieri ed estremità alternate. I tubi dovranno essere caricati su autotreno in modo corretto per evitare durante il trasporto danneggiamenti, che potrebbero alterare le loro prestazioni durante l'esercizio. In particolare bisogna evitare urti e contatti con corpi taglienti ed acuminati. Anche le imbragature del carico non devono essere a contatto con i tubi per evitare abrasioni o danneggiamenti.

Tabella 6 - Quantità per pallet.

Diametro Nominale esterno (mm)	Tubi per pallet	Pallett per carico	Tubi per carico
90	126	8	1008
110	105	8	840
160	39	8	312
200	25	8	200
250	16	8	128
315	9	8	72
355	6	12	72
400	5	12	60
450	*	*	50
500	*	*	50
630	4	6	24

*** I diametri 450 e 500mm possono contenere un numero diverso di tubi per pallet per ottimizzare il carico.**

Immagazzinamento

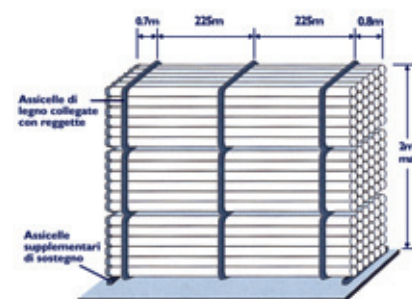
I pallet di tubi si devono immagazzinare in pile non più alte di 2 metri, con le assi dei singoli pallet appoggiate su quelle sottostanti. I tubi singoli non devono essere disposti in numero di strati superiore a 7 e la larghezza dello stato di fondo non deve essere maggiore di 3 metri.

Le punte e i bicchieri saranno sfalsati sia in altezza che in larghezza in modo che i tubi si presentino sempre appoggiati lungo un'intera generatrice. Lo spazio circostante alla pila dovrà essere tale da consentire un agevole uso dei sollevatori e quindi evitare possibili urti delle forche contro i tubi che saranno stoccati per classi e dimensioni diverse.

Immagazzinamento all'aperto

Se si prevede che i tubi debbano restare per molto tempo all'aperto si raccomanda una adeguata copertura protettiva opaca per evitare lo scolorimento dei tubi causato dai raggi UV. Tale scolorimento non ha particolari conseguenze sulle prestazioni meccaniche dei tubi. Comunque in caso di dubbi si consiglia di rivolgersi al nostro servizio di assistenza tecnica. Nei cantieri dove si prevede che la temperatura ambientale possa facilmente superare i 25°C si eviterà l'accatastamento dei tubi infilati l'uno nell'altro, per evitare ovalizzazioni dei tubi sistemati nelle file inferiori, generate dal peso eccessivo. I tappi dei tubi non devono essere tolti prima dell'inizio delle operazioni di posa e giunzione. Ciò consentirà di evitare contaminazioni all'interno dei tubi. La raccorderia e i materiali necessari alle giunzioni vanno conservati al coperto.

Massima attenzione va posta per evitare furti, atti di vandalismo, contaminazioni, e per tutelare sia la sicurezza degli operatori che delle persone non addette ai lavori.

Grande cura va posta per prevenire danni al corpo del tubo e soprattutto sulle superficie delle giunzioni. I tubi non dovrebbero mai essere lasciati cadere su superficie dure né trascinati lungo il terreno. Ciò non va fatto se le temperature esterne sono gelide o vicino allo zero, poiché l'elevata resistenza all'impatto è ridotta dalle basse temperature.

OPERAZIONI SUL CANTIERE: ISTRUZIONI PER LA POSA DEI TUBI

Trincea

Tracciato, pendenza, e profondità di posa della condotta dovranno essere definite in fase di progettazione. Lo scavo della trincea non dovrà essere effettuato molto tempo prima della posa dei tubi, mentre il rinterro va fatto con la massima sollecitudine. I giunti resteranno scoperti fino all'avvenuto collaudo dell'opera. L'ampiezza dello scavo al livello del terreno dipenderà dal tipo di terreno e dalla profondità di posa della condotta. La massima larghezza dello scavo a livello della generatrice superiore del tubo non dovrà superare il diametro del tubo + 600 mm. La minima larghezza della trincea a livello dell'asse del tubo dovrà essere stretta ma praticabile e quindi non inferiore al diametro del tubo +300mm (per i diametri superiori a 200 mm).

a) Posa Diretta sul Fondo Trincea

Se il tubo deve essere posato direttamente sul fondo della trincea bisogna accertarsi che la tipologia della trincea sia composta di terreno stabile, uniforme, di grana fine e privo di blocchi, pietre, sassi o roccia che potrebbero causare carichi concentrati sul tubo. Quando il tubo viene posato direttamente sul fondo della trincea bisogna anche accertarsi che la finitura dello scavo sia perfetta e livellata. In tal modo il tubo avrà un supporto stabile e uniforme e potrà appoggiarsi per tutta la sua lunghezza. In corrispondenza dei bicchieri del tubo si provvederà con uno scavo supplementare per l'alloggiamento del bicchiere. Ciò consentirà un corretto assemblaggio del giunto e un valido appoggio del tubo.

b) Posa del Tubo su un Letto

Se la tipologia del terreno è inadatta alla posa diretta sul fondo scavo, bisogna incrementare la profondità dello scavo di altri 100mm sotto la livelletta del tubo. Questo strato sarà poi riempito con materiale adatto per formare il letto di posa. Se si presentano condizioni di particolare difficoltà come nel caso di terreni saturi di acqua o instabili è necessario aumentare lo spessore del materiale che funge da letto del tubo. Anche nel caso di condotte che attraversino strati di roccia, i tubi dovranno essere posati sopra uno strato minimo di 100mm di materiali adatti alla preparazione del letto.

Sezione di trincea raccomandata

Materiali adatti per il letto

Il materiale da destinare alla preparazione del letto di posa dovrà essere di tipo granulare, autocompattante, privo di grosse pietre o di detriti in genere. Fra i materiali più adatti si raccomanda la sabbia a grana grossa e autodrenante e il ghiaino a granulometria omogenea con elementi arrotondati. Il ghiaietto dovrà presentare granulometria dei singoli elementi di ca. 10mm o tra 5 e 10mm, e con buona capacità di auto-compattazione. Il materiale del letto dovrà essere sistemato con cura sul fondo della trincea, ben compattato in modo da garantire un letto stabile e continuo per i tubi. Particolare attenzione dovrà essere posta per la formazione delle nicchie dei bicchieri per assicurare una posa corretta. Laterizi o altri materiali usati come supporto temporaneo del tubo devono sempre essere rimossi dallo scavo prima del rinfianco.

Rinfianco

Il rinterro intorno al tubo deve essere effettuato con materiali perfettamente costipabili (vedi figura). Il rinfianco con materiali di natura organica (torbosi, melmosi, argillosi etc.) non sono adatti poiché sono poco costipabili a causa del loro alto contenuto di acqua. Si procederà con un primo apporto di materiale su entrambi i lati dello scavo fino al piano diametrale della condotta, spingendo con una pala il materiale sotto la tubazione, costipandolo a mano. Dopo aver eseguito questo costipamento si riempie la trincea con lo stesso materiale fino a 15 centimetri sopra la generatrice più alta del tubo. A questo punto si provvede ad una costipazione, ma solo sulle parti laterali della trincea, cioè al di fuori della zona occupata dal tubo. Si noti che un cattivo riempimento intorno al tubo influenzerà la deformazione del tubo in modo inverso al valore del rapporto s/D e in modo più pronunciato per rinterri inferiori a 1÷1,5 m. Tenuto conto che il tubo si dilata in funzione della temperatura del terreno, creando quindi delle tensioni se esso risulta bloccato alle estremità, si dovrà procedere come segue:

- il rinfianco sopra il tubo dovrà essere eseguito su tutta la condotta nelle medesime condizioni di temperatura esterna
- si consiglia di effettuare il rinfianco nelle ore meno calde della giornata e di procedere a zone di 20÷30m avanzando in una sola direzione: si lavorerà su tre tratte consecutive e si eseguirà il ricoprimento fino a 50cm sopra il tubo nella prima zona, il ricoprimento fino a 20cm nella seconda zona, e la posa della sabbia intorno al tubo nella terza zona.

Compaction Fraction Test

Per stabilire se il materiale granulare di rinfianco, sia adatto bisogna valutare dei campioni dello stesso con il “Compaction Fraction Test”.

Apparecchiatura:

1) **Cilindro Aperto** – Si tratta di un cilindro alto ca. 250mm e di diametro interno di 150mm (+10mm–5mm). Si può usare un tubo di DN 160mm.

2) **Calcatoio** – Si tratta di un’asta munita di una testa pressante di diametro di ca. 40mm di diametro e peso da 0,8 kg a 1,3 kg.

3) **Regolo (Righello centimetrato)**

Metodo di Prova

Procurare un campione di materiale in quantità sufficiente da riempire il cilindro (ca. 10kg). Per ottenere il campione ammucchiare circa 50 kg del materiale da esaminare su una superficie pulita. Dividere il mucchio con una badilata in due parti, poi dividere una di esse ancora in due parti e così via finché non si arriva alla quantità richiesta. E’ importante che la miscela da provare non differisca da quella che poi verrà posta nella trincea. Porre il cilindro su una superficie fissa e piana e poi versare gradualmente in esso il campione di materiale senza compattare. Si rimuove il materiale in eccesso dalla sommità del cilindro. Si alza il cilindro, vuoto del contenuto, e lo si mette su una superficie piana. Si mette ca. 1/4 del materiale precedente nel cilindro e si pressa vigorosamente fin quando non si può più compattare. Si ripete la stessa cosa con il secondo quarto di materiale e poi con il terzo e l’ultimo. Sempre pressando e cercando di livellare la superficie.

Determinazione del rapporto di compattazione

Si misura la differenza di quota fra il top del cilindro e la superficie alta del materiale compattato. Questa distanza in mm divisa per l’altezza del cilindro dà la compattazione del materiale in esame.

Giunzioni a spinta e infissione

Il procedimento di giunzione richiesto per sistemi di tubi Aquaforce richiedono tecniche semplici. Seguendo i punti seguenti l’istallazione delle condotte avverrà con successo. I punti sono validi per ogni circostanza normale. Se si presentano situazioni strane consultare il nostro servizio tecnico.

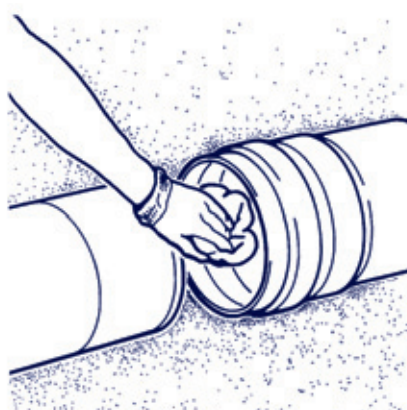
Punto 1

Bicchiere e punta del tubo dovranno essere attentamente esaminati all’atto della giunzione per accertare che non siano presenti danni che possono compromettere la giunzione (la tenuta). Particolare attenzione deve essere posta allo smusso della punta e all’anello di tenuta. Non si devono usare giunti con anelli di tenuta danneggiati. L’operatore dovrà assicurarsi che l’anello sia presente nella sua sede.

Per i tubi tagliati in cantiere vedere il punto 3.

Taglio di un tubo

Il taglio in cantiere deve essere effettuato perpendicolarmente all’asse del tubo con una sega dentata in buone condizioni. La punta del tubo dovrà essere smussata fino ad una profondità pari a metà dello spessore. L’angolo di inclinazione dello smusso sarà di 15° rispetto all’asse del tubo e la lunghezza dello smusso sarà pari al doppio dello spessore. Si userà una lima o una fresa. L’estremità smussata dovrà essere ben pulita e non presentare irregolarità o bave.

Punto 2

I tubi non tagliati sono forniti con la profondità d’inserimento della punta marcata sulla parte terminale della punta. Per le punte dei tubi tagliati in cantiere si dovrà provvedere con identica marcatura con matita indelebile prima di procedere alla giunzione. Nel caso siano previste variazioni nelle temperature di esercizio che possono comportare variazioni nelle lunghezze dei tubi, tale variazione dovrà essere sottratta da quella della profondità di inserimento.

Punto 3

L’area di accoppiamento punta e bicchiere dovrebbe essere accuratamente pulita. Grassi, polveri, sfridi e altri materiali estranei devono essere rimossi dall’area di tenuta. Se viene usata acqua per la pulizia l’area di accoppiamento deve essere asciugata con cura prima di iniziare l’operazione di giunzione. Una buona pulizia previene la contaminazione della guarnizione e della sua sede. La contaminazione può essere causata dal materiale destinato al letto di posa che si raccoglie sulla punta lubrificata o dall’acqua presente in trincea. Una contaminazione dietro la guarnizione può ostacolare la compressione e favorire l’uscita della guarnizione dalla sua sede.

Conformità del rapporto di compattazione.

Rapporto di compattazione	Rispondenza all’uso
0,15 o meno	Materiale adatto all’uso
0,15 - 0,30	Materiale adatto all’uso ma richiede una compattazione molto accurata. Esso non va bene se il tubo è posato in falda
0,30 o più	Materiale non adatto

Punto 4

Estremità della punta del tubo e anello di tenuta saranno lubrificate con lubrificante fornito dal produttore. La lubrificazione va estesa a tutta la parte che sarà inserita nel bicchiere e su tutta la circonferenza, prestando particolare attenzione alla zona smussata. La guarnizione va lubrificata su tutta la circonferenza. Il principio base è quello di applicare lubrificante in abbondanza, facendo in modo che non restino zone asciutte in corrispondenza delle superficie di accoppiamento. Una buona lubrificazione riduce l'attrito ed evita il trascinamento della guarnizione.

Punto 5

Effettuata la lubrificazione si portano a contatto punta del tubo e bicchiere.

Questi dovranno essere allineati con la massima precisione in modo che gli assi dei due tubi contigui siano perfettamente in linea. La punta del tubo va inserita manualmente fino a quando non si sente una certa resistenza da parte dell'anello interno di tenuta. In questa fase è indispensabile che l'allineamento sia perfetto per evitare che venga maltrattato l'anello di tenuta.

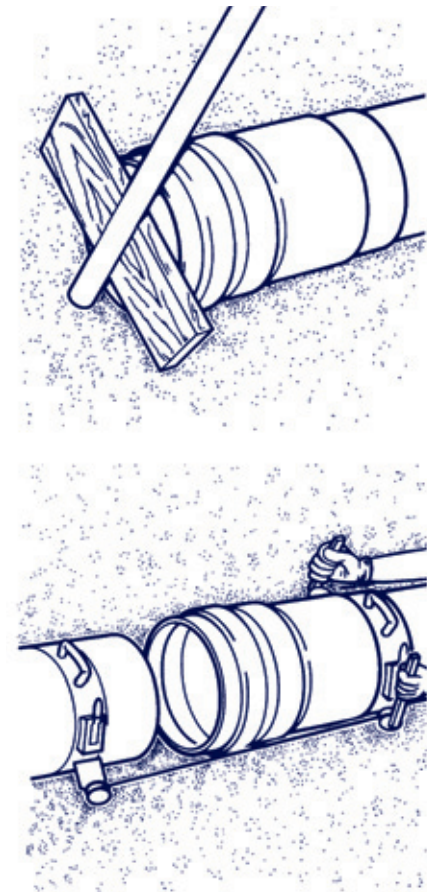
Punto 6

L'inserimento del tubo in genere viene effettuato o per mezzo di semplici leve o tiratubi.

Punto 6 A - Inserimento tramite leva:

Questo sistema è utile fino ai diametri 250/315 mm. Si può usare un comune palanchino applicato all'estremità del bicchiere del tubo successivo. Per evitare di danneggiare il tubo si consiglia di frapporre fra bicchiere e palanchino una tavoletta di legno. La spinta sarà applicata in maniera costante e progressiva fino a quando la marcatura di profondità della punta non andrà a coincidere con l'imboccatura del bicchiere in giunzione. Se si avverte prima una qualche resistenza e non si riesce a completare la corsa prevista della punta, si consiglia di ritirare il tubo e di controllare le cause eventuali (es. scarsa lubrificazione o anello di tenuta contorto o lacerato). Quindi si ripeterà la procedura.

Punto 6 B – Inserimento tramite tiratubi:

Questo sistema si usa per i diametri superiori a 200mm. Esso è particolarmente utile nel caso si debbano installare delle curve o dei raccordi. I tubi e le curve non vanno mai inseriti usando lo scavatore, poiché l'operatore non può né vedere né controllare la giunzione. La spinta potrebbe deformare il giunto. L'impiego invece dei "joint clamps" mette l'operatore in condizione di "percepire" se la guarnizione sta per essere spostata o spinta fuori dalla sua sede. Le istruzioni per l'uso dei "clamps"sono fornite insieme con il prodotto. Per i grandi diametri quando si usa lo scavatore i tubi vanno imbragati con cinghie. I collegamenti con tubi di PVC-U sono identici a quelli fra tubi di **PVC-A/Aquaforce** poiché i diametri esterni di Aquaforce e PVC-U sono identici e i materiali sono quindi perfettamente compatibili dal lato dimensionale.

Punto 7 – Rinfianco, Riempimento e Costipazione

Dopo la formazione del letto e la posa dei tubi si procederà al rinfianco della condotta e al riempimento della trincea con materiali scelti disposti in strati successivi che non dovranno superare i 100 mm, che saranno compattati a mano. I materiali prescelti dovrebbero avere granulometria non superiore ai 10-20 mm, non contenere terreno di riporto, sassi, radici di alberi, o altri detriti che potrebbero essere nocivi per il tubo. Il riempimento iniziale di materiale scelto proseguirà fino a 150 mm sopra la generatrice del tubo. Sopra tale livello si procederà con un normale riempimento associato a compattazione al fine di prevenire cedimenti del terreno posto in trincea. Non si devono usare compattatori meccanici pesanti fin quando non sia raggiunto uno spessore di riempimento di 300 mm sopra la generatrice superiore del tubo. Ogni sistema di protezione o blindatura della trincea dovrà essere ritirato con attenzione durante il processo di rinfianco e riempimento per consentire un'accurata compattazione.

Collaudo

Introduzione

Dopo che il sistema di tubazioni e raccordi è stato completamente installato si procederà con una ispezione visiva e con la prova idraulica. Dovunque è possibile i giunti dovranno restare scoperti fino al positivo completamento del collaudo idraulico.

La chiave per sentirsi sicuri sulle prestazioni a lungo termine di ogni sistema di condotte è quello di eseguire dei test severi sotto pressione, portando la condotta a 1,5 volte la pressione di progetto del sistema. Questo assicura che tutti i giunti, bicchieri, punte, meccanici e flangiati sono stati assemblati in modo corretto e che i blocchi di ancoraggio sono stati progettati e costruiti come richiesto dall'opera.

Per maggior sicurezza per ogni materiale, compreso Aquaforce, il miglior modo è quello di memorizzare le prove in pressione con un registratore che monitorizzi la pressione nel sistema e il flusso dell'acqua attraverso la pompa. Esso fornirà una precisa traccia del test che può essere analizzato e tenuto come prova QA relativa all'esecuzione con successo del test.

Ispezione visiva

Il sistema va controllato visivamente per verificare che le istruzioni di posa siano state correttamente rispettate, e che tubi e raccordi siano adeguatamente appoggiati e vincolati come previsto dalle norme.

COLLAUDO IDRAULICO

a) Generalità

Le tratte di condotta da sottoporre a prova idraulica saranno di ragionevole lunghezza, in funzione del diametro, delle condizioni del cantiere, della disponibilità di acqua e del suo successivo allontanamento al termine della prova, del numero di giunti e raccordi presenti (si tenga presente che 1000m di tubo di DN 315mm PN8 possono contenere ca. 71000 litri di acqua). Le condotte più lunghe di 1000m richiedono sezionamenti opportuni. La prima prova sarà eseguita su una tratta di 300m per accertare che la tecnica di posa sia stata effettuata secondo norma e che non ci saranno imprevisti durante il collaudo. Anche nel caso di condotte che richiedano pressioni elevate di prova il sistema va sezionato in tratte per evitare che il permanere di alte pressioni possa influenzare il risultato. Se la condotta è provata prima del rinterro, bisogna disporre nella parte centrale di ogni tubo un "cavallotto" di terra affinché esso non possa né muoversi né sfilarsi.

b) Forze di spinta e apparecchiature

Prima della prova è necessario ancorare ogni cambio di direzione, diramazione o riduzione con blocchi di ancoraggio progettati in funzione della pressione di prova. Naturalmente le prove non possono aver luogo fin tanto che gli ancoraggi cementizi non abbiano raggiunto la resistenza necessaria (in genere si richiedono 7 giorni dopo la gittata). L'isolamento del tronco sarà eseguito con flangie cieche (calotte finali). Le flangie cieche devono essere temporaneamente puntellate per resistere al carico che si sviluppa durante la prova. Per es. per un DN 315mm PN10, con prova di collaudo a 15 bar si sviluppa su un terminale cieco - vedi tab.2 - una forza di (7,8 x 15) kN. La compensazione delle forze di spinta si può ottenere con delle tavole di legno incastrate trasversalmente nella trincea. Bisogna evitare di appoggiarsi sull'estremità della condotta già posata. Nel caso vengano utilizzate valvole come dispositivo di isolamento non bisogna superare i limiti di pressione consentiti da queste. Per tutti tali dispositivi si dovrà tener conto delle perdite di carico ad essi relative. Tutte le giunzioni durante la prova dovranno restare scoperte. La temperatura dovrebbe essere mantenuta per quanto possibile costante e il tubo temporaneamente protetto da brusche variazioni di temperatura. Le apparecchiature terminali saranno dotate di rubinetti per il riempimento della condotta, per l'evacuazione dell'aria e lo svuotamento finale. Esse inoltre dovranno consentire il collegamento a manometri. L'apparecchiatura per portare la condotta alla pressione voluta dovrà essere adeguatamente dimensionata (per es. dovrà essere in grado di mettere in pressione i tubi in meno di 2 ore, essere robusta e possedere collegamenti atti a mantenere la pressione richiesta dalla prova). Stessa cosa vale per gli strumenti di misura; essi inoltre dovranno essere sufficientemente grandi per poter leggere i dati con un margine di errore di ± 0,2 bar. Si raccomanda un registratore di dati che fornisca una documentazione scritta del collaudo.

RIEMPIMENTO DELLA CONDOTTA E MESSA IN PRESSIONE

Durante il riempimento le valvole resteranno aperte. La condotta sarà riempita progressivamente di acqua, iniettandola dal punto più basso (cioè dal punto dove è più elevato il carico statico). Ciò favorirà l'uscita dell'aria durante il riempimento. Per questo nella parte alta saranno posizionate adeguate apparecchiature di sfiato. Il manometro sarà invece posto in prossimità della pompa, cioè nella parte bassa della condotta.

Durante questa fase vanno evitate oscillazioni di pressione. Le valvole di sfiato saranno chiuse solo allorché tutta l'aria sarà fuoriuscita. Il riempimento va fatto molto lentamente, poi si lascerà la condotta alla pressione nominale o di esercizio per un po' di tempo (questo dipenderà dalle dimensioni della condotta, dalle condizioni atmosferiche, dal movimento dei tubi prodotto dal carico addizionale allorché sono riempiti ("scorrimento o creep"), dallo assestamento dei giunti, dal variare della dimensione minore del tubo, dai moti collegati alla variazione di temperatura). Sarebbe necessario un tempo di circa 2-3 ore, però è preferibile attendere un giorno intero prima di procedere con la prova di collaudo. Si raccomanda una pressione di prova pari a 1,5 volte la pressione nominale del sistema fino ad un massimo di 1,5 volte quella stimata nell'elemento considerato più basso dell'intero sistema. Comunque nel punto più alto la pressione non dovrà mai essere inferiore a quella di esercizio. Molto importante è il tempo necessario per far salire la pressione in condotta al livello desiderato (cioè la velocità con cui si conduce il test).

La pressione deve salire in maniera graduale e costante. Un incremento graduale terrà conto dello scorrimento del tubo in PVC-A. Il volume immesso può essere controllato tramite un contatore o misurato direttamente o stimato dal numero di giri di un pistone. Dopo il riempimento e la chiusura delle valvole si procede con l'aumento della pressione, sempre in maniera graduale e con una pompa manuale, fino a giungere a quella richiesta nel punto più basso della condotta (letto sul manometro). Tale pressione si mantiene costante per circa un'ora, se necessario effettuando dei pompaggi addizionali. Il tutto sarà monitorato e registrato.

Primo metodo di analisi per la Prova di Collaudo

Effettuata la messa in pressione, la condotta resterà isolata dalla pompa di prova e la pressione sarà lasciata libera di decrescere per il periodo di un'ora per la prova preliminare, poi per un periodo di 24 ore per la prova definitiva. Dopo un'ora si misurerà il quantitativo di acqua necessaria per ripristinare la pressione di prova. Dopo aver isolato il sistema il test sarà buono se:

- Non c'è alcuna perdita (e questo sarà possibile se la pressione è stata aumentata gradualmente e la condotta è stata posata in modo corretto).
- Dopo un'ora la quantità (Q) di acqua necessaria a ripristinare la pressione non eccede i 3 litri per ogni 25 mm di diametro interno nominale per chilometro di lunghezza della tratta in prova, e per ogni 3 bar di pressione. Prova di un ora:

Se dopo un'ora l'esito è positivo si pas-

$$Q(l) = 3(l) \cdot \frac{Di(mm)}{25(mm)} \cdot \frac{L(m)}{1000(m)} \cdot \frac{1{,}5PN(bar)}{3\ (bar)} \cdot \frac{1(ora)}{24(ore)}$$

serà alla prova di 24 ore. Trascorso tale tempo il quantitativo di acqua necessario per ristabilire la pressione di prova non dovrà superare il quantitativo d'acqua ottenuto con la precedente formula riferita a 24 ore.

Tutte queste aggiunte vanno a compensare l'espansione per scorrimento (creep), nonché le minime quantità di aria rimaste intrappolate nel sistema. Quindi non vanno registrate come perdite.

Wast Water Project, Moray Coast ,Scotland

Secondo metodo di analisi per la Prova di Collaudo

Il procedimento di seguito proposto (v. norma UNI EN 805 "Approvvigionamento di acqua – Requisiti per sistemi e componenti all'esterno di edifici"). Nel caso delle condotte di PVC-A la metodologia di prova deve tener conto, come già è stato detto, del comportamento visco-elastico del prodotto. Tale procedimento comprende tre fasi: **una fase preliminare** alla quale seguirà la **prova di perdita di carico** integrata e si concluderà con la **prova principale**.

Wast Water Project, Moray Coast ,Scotland

Durante la **fase preliminare**, come previsto in tutti i sistemi, la condotta viene sciacquata, sfiatata (eliminazione di eventuali bolle d'aria), riempita di acqua a pressione atmosferica. Segue un periodo di riposo di 60 minuti. Poi si aumentata rapidamente la pressione (in meno di 10 minuti) fino alla pressione di prova (pari a 1,5 volte la pressione nominale) e la si mantiene per 30 minuti mediante pompaggio continuo. Durante questo periodo si controlla la condotta alla ricerca di eventuali perdite evidenti.

- Si interrompe il pompaggio per 1 ora (durante tale periodo si noterà un calo di pressione causato dalla deformazione della condotta dovuta allo scorrimento delle molecole "creep").
- Si misura la pressione residua. Se la perdita di pressione è inferiore al 30% la prova si considera positiva.

Seguirà la **prova di perdita di carico integrata** durante la quale:

• Si diminuirà rapidamente la pressione rimasta al termine della prova preliminare di un ulteriore **10-15%** della pressione di collaudo iniziale, mediante scarico di acqua.

• Si misurerà in modo preciso Il volume ΔV di acqua rimosso e il calo di pressione ΔP

• Si calcolerà la perdita di acqua ammissibile ΔVmax mediante la formula seguente:

$$\Delta V_{max} = 1{,}2 \bullet V \bullet \Delta P \bullet \left(\frac{1}{E_w} + \frac{D}{e \bullet E_R}\right)$$

Dove :

- $\Delta Vmax$ è la perdita ammissibile di acqua in litri
- V è il volume in litri del tratto di condotta sottoposto a prova
- ΔP è la perdita di pressione misurate in KPascal ,
- D è il diametro interno della condotta misurato in metri
- Ew è il modulo elastico dell'acqua misurato in K Pascal (pari a 2.000.000 KPa)
- e è lo spessore dei tubi in metri
- E_R è il modulo elastico della parete del tubo in direzione circonferenziale in KPascal (per PVC-A = 2.500.000KPa)

L'esito della prova sarà positivo se $\Delta V \leq \Delta Vmax$. In caso contrario , dopo ispezione della condotta, la prova va ripetuta. Per facilitare le operazioni di verifica forniamo di seguito una tabella che riporta per ogni diametro nominale (De), spessore (e), diametro interno Di, il volume V di riempimento per metro di condotta e il volume $\Delta Vmax$ ammissibile che si può rimuovere per metro di condotta e per ogni bar di perdita di pressione in [l/bar . m]

Nella Tabella si sono considerati:

E_W (Modulo elastico dell'acqua)
= 2.000.000KPa = 20.000bar

E_R (modulo elastico del PVC-A)
= 2,500.000KPa = 25.000bar

V (Vol. fluido per ml di condotta)
= $\pi \cdot (Di)^2/4$ [dm^2]$\cdot$10[dm] = 3,14$\cdot$(Di)^2/4$\cdot$10 [dm^3]

$$C = 1/E_W + D_i/e \cdot 1/E_R \ [bar^{-1}]$$

Esempio: durante il collaudo di un tratto 500m di condotta di PVC-A di diametro 315mm PN10 se viene registrato un calo di pressione di 2bar il volume che scarichiamo ΔV dovrà soddisfare la seguente disequazione:

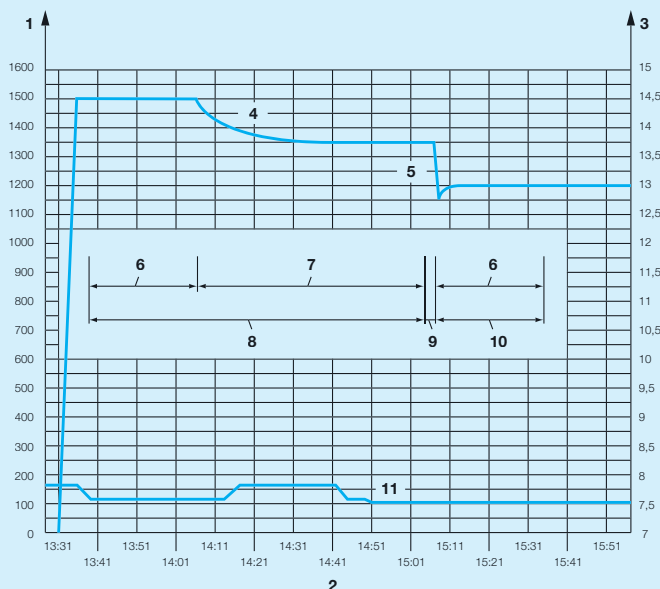
$$\Delta V \leq \Delta Vmax = (Vmax \ . \ \Delta P \ . \ L)$$
$$(0{,}111009 \times 2 \times 500) = 111{,}009 \text{ litri}$$

Terminata questa prova si passa alla **prova principale**. Lo scarico di acqua indotto durante la prova di perdita carico integrata produrrà una contrazione della condotta, con conseguente incremento della pressione che dovrà essere registrato con apparecchio opportuno per circa 30 minuti. Sul grafico risultante (vedi grafico sotto) dovrà evidenziare un brusco incremento di pressione durante la fase principale della prova. Se ciò non si verificasse va ricercata un'eventuale perdita all'interno della condotta o sulle giunzioni. Durante tutte queste prove, poiché la temperatura può influenzare l'esito delle prove, essa dovrà mantenersi pressoché costante (intorno ai valori di 12-15°C).

	PN 10					PN 12,5					PN 16				
De mm	e mm	D_i mm	V l/m	C bar^{-1}	Vmax l/m·bar	e mm	D_i mm	V l/m	C bar^{-1}	Vmax l/m·bar	e mm	D_i mm	V l/m	C bar^{-1}	Vmax l/m·bar
90	3,3	0,834	5,460115	0,0010609	0,006951	3,3	0,834	5,460115	0,00106091	0,006951	4,2	0,816	5,22697	0,0008273	0,005188
110	3,3	1,034	8,392875	0,0013033	0,013126	4,0	1,020	8,167140	0,00107000	0,010487	5,1	0,998	7,81863	0,0008327	0,007813
160	4,7	1,506	17,80408	0,0013317	0,028452	5,8	1,484	17,28771	0,00107345	0,022269	7,3	1,454	16,59581	0,0008467	0,016862
200	5,9	1,882	27,80410	0,0014704	0,049059	7,3	1,854	26,98293	0,00106589	0,034513	9,2	1,816	25,8882	0,0008396	0,026082
250	7,3	2,354	43,49933	0,0013398	0,069940	9,2	2,316	42,10627	0,00105696	0,053405	11,5	2,270	40,45027	0,0008396	0,040753
315	9,2	2,966	69,05767	0,0013395	0,111009	11,4	2,922	67,02396	0,00107526	0,086482	14,3	2,860	64,20986	0.0008500	0,065494
355	10,4	3,342	87,67637	0,0013354	0,140498	12,8	3,294	85,17592	0,00107937	0,110324	16,2	3,226	81,69555	0,0008465	0,082991
400	12,0	3,760	110,98020	0,0013033	0,173573	14,4	3,712	108,16470	0,00108111	0,140326	18,2	3,636	103,7809	0,00084912	0,105747
450	13,1	4,238	140,99110	0,0013440	0,227398	16,2	4,176	136,89600	0,00108111	0,177600	20,6	4,088	131,1872	0,00084386	0,132833
500	14,5	4,710	174,14520	0,0013493	0,281971	18,1	4,638	168,8617	0,00107497	0,217826	22,8	4,544	162,0863	0,00084719	0,164782
630	18,3	5,934	276,41700	0,0013405	0,446817	22,7	5,846	268,2794	0,01080132	0,347733	28,6	5,728	257,5584	0,00085112	0,263055

Esempio di prova di pressione per le tubazioni con comportamento visco-elastico.

Norma UNI EN 805 Punti A.27.3-A.27.5

Legenda
1 Pressione (kPa)
2 Tempo
3 Temperatura (°C)
4 Pressione
5 Δp = 200 kP
6 30 min
7 60 min
8 Fase preliminare
9 Prova di perdita di pressione
10 Fase principale della prova
11 Temperatura

Terzo Metodo di Analisi per la Prova di Collaudo

Poiché il decadimento della pressione avviene su scala logaritmica, la velocità di caduta della pressione non è lineare e decrescerà nel tempo. Si raccomanda quindi l'uso di un registratore di dati. Chiamato allora con tL il tempo per raggiungere la pressione di collaudo, dopo un tempo t_1 = tL leggeremo una pressione P1 inferiore. Una seconda lettura dovrebbe essere effettuata dopo un tempo t_2 = 7tL. In realtà, per tener conto del rilassamento della condotta sotto pressione, bisogna applicare un fattore correttivo dei tempi, quindi i tempi reali di lettura saranno rispettivamente:

1° Lettura P1: dopo un tempo $T_{1c} = t_1 + 0{,}4t_L$

2° Lettura P2: dopo un tempo $T_{2c} = t_2 + 0{,}4t_L$

L'inclinazione della curva di decadimento della pressione sarà calcolato dal rapporto:

$$V = \frac{\log P_1 - \log P_2}{\log T_{2c} - \log T_{1c}}$$

In una condotta sana il valore di N1 dovrebbe essere compreso tra 0,03 e 0,085 se i tubi sono senza ricoprimento di supporto, e 0,03-0,05 per tubi con riempimento ben costipato. Se i valori sono molto più bassi di quelli indicati significa che in condotta è ancora rimasta troppa aria intrappolata, per cui prima di proseguire bisogna espellere quest'ultima.

Si procederà poi a una nuova lettura della pressione dopo un tempo $t_3 = 15t_L$.

3° Lettura P_3: dopo un tempo $T_{3c} = t_3 + 0{,}4_{tL}$

L'inclinazione della curva di decadimento della pressione sarà dato dalla:

$$N_2 = \frac{\log P_2 - \log P_3}{\log T_{3c} - \log T_{2C}}$$

I valori di N2 ed N1 dovrebbero essere simili. Se il valore di N2 > N1 (oltre il 5%) significa che siamo in presenza di perdite. Valori di N1 o N2 minori di 0,03 indicano che siamo in presenza di troppa aria in condotta. In tal caso si allenta la pressione, si spurga l'aria dalla condotta in esame e si riprende la prova. Fra una prova e l'altra bisogna lasciare un periodo di "riposo" che deve essere pari a quattro volte il "tempo sotto pressione" durante il precedente tentativo di prova. Il "tempo sotto pressione" include il tempo di pressurizzazione.

La presenza di molta aria può essere confermata dallo studio dell'andamento della curva di pressione. La presenza di aria determina una iniziale lenta variazione di pressione, che poi prende a salire. Dal confronto con i risultati senza presenza di aria si nota un incremento della pressione secondo una curva lineare.

Un valore di N2>0,07 per tubi scoperti, o 0,065 per tubi interrati e costipati, indica la presenza di perdite.

La sensibilità del test può essere ulteriormente aumentata scegliendo un tempo di lettura t_3 ancora superiore se in ogni fase di collaudo, qualunque sia il metodo di prova prescelto, si dovesse registrare una perdita superiore a quella legata allo scorrimento, intrinseca al prodotto e al sistema, si verificheranno prima tutte le apparecchiature meccaniche presenti, quindi le giunzioni dei tubi. Dopo gli eventuali aggiustamenti il test va ripetuto. In questo caso bisognerà comunque attendere un tempo almeno pari a 5 volte quello della prova eseguita.

Messa in Servizio

Dopo che la prova in pressione di tutta la condotta avrà dato esito positivo si procederà al rinterro finale. Quindi alla pulizia e alla sterilizzazione della condotta. Per la messa in esercizio bisognerà attenersi alle seguenti procedure:

- Pulitura con getto d'acqua o con spazzole
- Riempimento e sterilizzazione
- Svuotamento con neutralizzazione
- Nuovo riempimento
- Campionatura batteriologica
- Certificazione di accettazione
- Entrata in servizio

Per ulteriori informazioni si prega di consultare il manuale WRc relativo ai sistemi di condotte in pressione in PVC o far riferimento a Bodycote PDL guidance document "The pressare Testing of Water and Waste Water Pressure Pipeline System" June 2005.

CONSIDERAZIONI SU DEVIAZIONI ANGOLARI E CURVATURE

Deviazione angolare sul giunto

I giunti tipo **Anger-Lock/Aquaforce** per effetto della comprimibilità degli anelli, consentono deviazioni angolari fino a 2°-3°(due-tre gradi), senza influenzare la tenuta del giunto. Solo se si superano queste deviazioni si generano sulla testa del tubo e sul bicchiere sollecitazioni che possono provocare danni all'interno del giunto. Si noti che con 3° di deviazione angolare su un tubo lungo 6 metri si genera un cambio direzionale di 300mm (vedi fig. 1). Se necessitano cambi direzionali più ampi bisogna ricorrere alle curve pre-sagomate in PVC-A/Aquaforce o a curve di Ghisa sferoidale.

Curvatura del tubo

Un'altra importante caratteristica di Aquaforce è la sua capacità ad essere piegato a freddo. Questa proprietà può essere sfruttata durante la posa. La curvatura a freddo consente di superare ostacoli topografici o artificiali senza dover ricorrere all'uso di curve pre-sagomate. Il minimo raggio di curvatura a freddo del PVC-A è pari a 150 volte il diametro esterno medio del tubo. Il risultato di tutto ciò è Illustrato in fig. 2 e tab.7 in cui è riportato lo scostamento "A" che si può effettuare con un solo tubo da 6metri. Durante l'esercizio questa capacità Intrinseca del tubo consente di sopportare eventuali cedimenti o assestamenti differenziali del terreno senza che sforzi eccessivi si manifestino sulle pareti del tubo stesso.

Man mano che aumenta il diametro del tubo, aumenta anche la forza richiesta per effettuare la curvatura. E questo fatto impone dei limiti al diametro massimo del tubo che si può curvare durante la posa. Quindi si raccomanda di limitare le curvature a freddo solo per diametri fino a 200mm. Per ottenere deviazioni in linea su tubi di diametro superiore è meglio impiegare curve presagomate in Aquaforce/PVC-A prodotte in stabilimento o curve in GS.

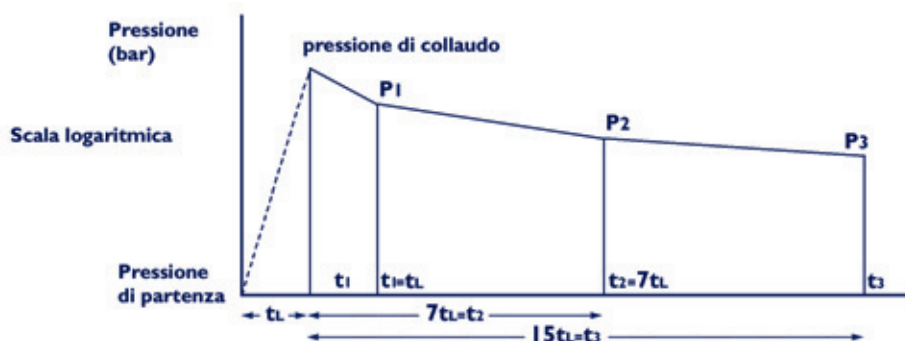



Fig. 1 Deviazione angolare sul giunto di un tubo Aquaforce

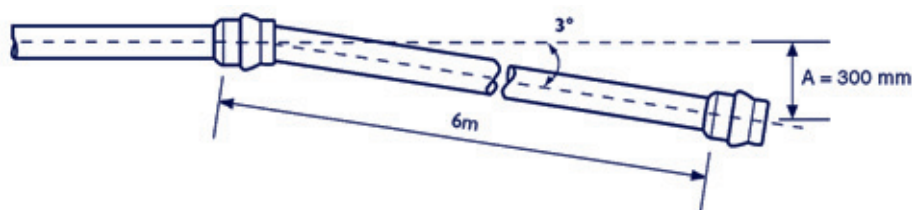
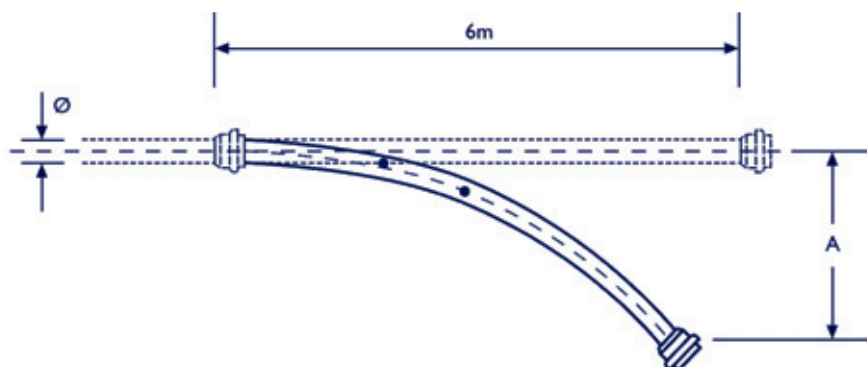



Fig.2- Massima curvatura ammessa su un tubo Aquaforce

Avvertenze per le curvature a freddo

- Le curvature non devono essere effettuate allorché le temperature ambiente sono inferiori a 5°C.
- Prima di iniziare la piegatura del tubo deve essere ben fissata la posizione del suo bicchiere di coda.
- Il bicchiere di coda non deve essere assoggettato per nessun motivo a deviazione angolare o ad altri sforzi addizionali.
- La curvatura va eseguita, dovunque possibile, a mano.
- Se vengono impiegati congegni meccanici il tubo deve essere adeguatamente protetto da eventuali danneggiamenti (catene metalliche, ganci, imbracature, cinghie etc… non devono venire a contatto con il tubo).
- Il tubo deve essere fissato nella nuova posizione curvata prima di procedere alla posa del tubo seguente, poiché il tubo PVC-A conserva la "memoria" e quindi tenderebbe a raddrizzarsi se non viene opportunamente bloccato.
- Durante le varie operazioni vanno prese tutte le precauzioni necessarie per garantire la sicurezza del personale di cantiere.

Tab. 7 – Curvatura del tubo

DN (mm)	A(m)
90	1,30
110	1,10
160	0,75
180	0,65

Sorical SPA Cantiere Drago

Comune di Bugerru (CI) DN160 PN16

CONESSIONI AI TUBI AQUAFORCE/PVC-A

Aquaforce è stato provato con successo con vari tipi di collari di presa sia in laboratorio che in esercizio. Nelle derivazioni si devono controllare con molta cura le apparecchiature poiché frese spuntate e/o forature male allineate sono causa di rotture o perdite, soprattutto quando le derivazioni vengono eseguite sotto pressione. Quando si eseguono connessioni alla rete si raccomanda di usare collari di derivazione adatti allo scopo (di plastica o metallo), ben legati attorno al tubo. Il collare di presa in carico con fresa incorporata sarà dotato di un sistema di guida della fresa che assicurerà una foratura di forma e geometria corrette, un coltello tagliente e usato una sola volta. Il disco di tubo tagliato sarà trattenuto dentro la testa del coltello, che può tornare utile come dispositivo temporaneo di chiusura allorché questa si renda necessaria. La sagoma della fresa-foratubo è importante che sia scanalata. Le frese a corpo piano non sono adatte per forare Aquaforce. Nel fissare il collare di presa a TI sul tubo bisogna aver cura che il premi-stoppa sia sufficientemente compresso per assicurare una perfetta tenuta, ma comunque senza stringere troppo. L'uscita della presa in carico dovrebbe essere fissata nella direzione della condotta, anche se oggi sono disponibili ghiere metalliche girevoli. Il raccordo in uscita dipenderà dal tipo di materiale usato nella rete di distribuzione. La dimensione di ogni presa in carico non dovrebbe superare di 1/4 il diametro esterno del tubo, con un massimo di 37 mm. Sul mercato sono disponibili anche prese in carico per diametri più grandi, ma questo prese dovrebbero essere permesse solo in casi eccezionali. Durante il taglio di **Aquaforce** si genera una certa quantità di sfridi, in funzione del diametro della fresa o dello spessore del tubo.Tutto questo sfrido deve essere trattenuto all'interno del corpo della fresa. Ne deriva che diametri più grandi e spessori di parete più alti richiederanno frese più lunghe, ma non solo, anche i solchi delle scanalature devono essere abbastanza corti per poter trattenere gli sfridi. La distanza fra due collari di presa contigui non deve essere inferiore a 500mm o a 5 volte il diametro del tubo principale (o comunque al maggiore fra i due valori). Per tutte le derivazioni dalla rete si richiede una accurata compattazione del terreno al fine di prevenire eccessive sollecitazioni a taglio o flessione, che possono essere generate da movimenti successivi del terreno o del tubo.

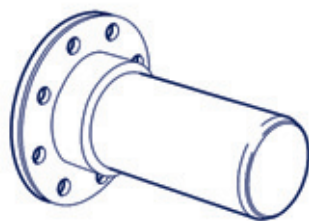
AQUAFORCE/PVC-A: CONNESSIONI CON ALTRI MATERIALI

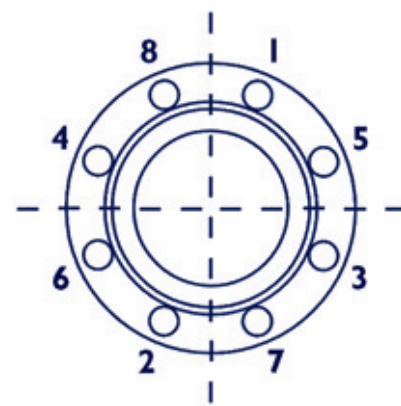
Aquaforce/PVC-A: connessione con altri materiali

Il sistema Aquaforce PVC-A può essere collegato a valvole, a pezzi speciali flangiati di ghisa o di acciaio usando le punte flangiate e le tazze flangiate in Ghisa sferoidale già in commercio per i tubi di PVC-U, perché le due gamme hanno gli stessi diametri esterni

Connessione per spinta e infissione al PVC-U

I tubi Aquaforce/PVC-A presentano lo stesso diametro esterno dei tubi di PVC-U e quindi i due sistemi sono perfettamente compatibili.

Per la loro connessione si usa la consueta procedura adottata per la giunzione Anger-Lock.

Raccomandazioni per il serraggio delle flange

- Le superficie di accoppiamento devono essere ben pulite e non danneggiate.
- Usare una sola guarnizione di gom-ma di spessore adatto (BS 2494).
- I giunti flangiati dovrebbero essere posizionati sulla condotta prima di ogni altro giunto.
- Bulloni, dadi, rondelle piane non devono essere danneggiati.
- Le guarnizioni devono essere perfettamente alloggiate prima del serraggio.
- Dadi e bulloni devono essere stretti usando una chiave dinamometrica, ponendo attenzione a stringere con passate successive e su punti diametralmente opposti (vedi fig.) progredendo dalla stretta manuale fino alla torsione finale: per es: prima un 5% della torsione finale, poi fino al 20%, poi fino al 50%, quindi al 75% e infine il 100%.
- Per diametri superiori a 200mm si richiede la presenza di due opera-tori che lavorino simultaneamente, e posizionati ai lati opposti del diametro.
- Dopo un'ora dal serraggio finale verificare la chiusura dei dadi.

Tab. 8 – Forza di serraggio indicativa (I valori riportati sono puramente indicativi, essi in genere sono forniti dal fornitore di bulloni).

Diametro (mm)	Torsione (Nm)
90	40
110	45
160	60
200	75

Installazioni fuori terra

Il tubo Aquaforce va protetto dai raggi UV, alle basse temperature e dai danni dovuti ad urti. In particolare esso diventa meno resistente all'urto alle temperature inferiori allo zero. In tali condizioni il tubo deve quindi essere protetto. Per la sua protezione si possono usare rivestimenti isolanti impermeabili. I problemi più seri sono quelli generati dalle condizioni di gelo. A tal fatta nel punto più basso della condotta va previsto un opportuno sistema di drenaggio.

Movimenti termici

Come avviene per tutti i materiali anche Aquaforce al variare della temperatura interna al tubo o di quella ambiente si espande o si ritira. Il coefficiente di espansione/ contrazione termica è

$$\alpha = 7 \times 10^{-5}\ K^{-1}$$

Quando si installano tubi **Aquaforce**, che possono essere sottoposti a variazioni di temperatura o al momento della posa in opera o durante l'esercizio, bisogna tener conto delle possibili espansioni o contrazioni, mentre va lasciata una sufficiente libertà di movimento in prossimità di mensole. Le variazioni di lunghezza si possono calcolare con la formula:

$$\Delta L = \alpha L \Delta T$$

Dove:

ΔL = variazione di lunghezza (mm)

α = coefficiente di espansione lineare (0,07 mm/m/°C

L = lunghezza originale del tubo (m)

ΔT = Variazione di temperatura (°C)

In genere l'espansione viene assorbita dai bicchieri senza l'ausilio di pezzi speciali.

Mensole di supporto

Devono essere ampie e pratiche, senza spigoli vivi, e larghe almeno 75mm. Ideali sono i rivestimenti plastici. Le gomme o altre membrane adatte sono meglio del metallo nudo.

Centri di supporto

In molti casi di tubi non sotterrati bisogna aumentare i punti di supporto per sostenere adeguatamente sia il peso del tubo che quello del fluido trasportato. La massima distanza dei supporti è riportata in tab.VII In caso di tubi verticali i valori della tabella devono essere aumentati del 30%.

Tab.9 – Max Distanza fra i centri di suppporto.

DN mm	PN 8-10bar m	PN 12,5-16bar m
90	1,4	1,5
110	1,5	1,7
160	1,8	2,1
200	2,1	2,5
250	2,4	2,9
315	2,6	3,1
400	3,1	3,7
450	3,4	3,7
500	3,7	3,7
630	3,7	3,7

Tubi di PVC-A - DN 450mm PN 10 - Posati in tunnel di cemento 15m sotto il River Shannon.

Tabelle di conversione

Pressione

N/m^2	bar	Kg/cm^2	Pa	KPa	MPa	atm	MmHg
1	10^{-5}	$1{,}02x10^{-5}$	1	10^{-3}	10^{-6}	$0{,}98x10^{-5}$	0,0075
10^{5}	1	1,02	10^{5}	102	0,1	0,987	750
98067	0,981	1	98067	98,07	0,0981	0,968	735,6
1	10^{-5}	$1{,}02x10^{-5}$	1	10^{-3}	10^{-6}	$0{,}98x10^{-5}$	0,0075
10^{3}	10^{-2}	$1{,}02x10^{-2}$	10^{3}	1	10^{-3}	$0{,}98x10^{-2}$	7,5
10^{6}	10	10,2	105	10^{3}	1	9,8	7500
$1{,}01x10^{5}$	1,013	1,033	$1{,}01x10^{5}$	$1{,}01x10^{2}$	0,101	1	760
9806,7	0,0981	0,1	9806,7	9,81	$9{,}81x10^{-3}$	$9{,}68x10^{-2}$	73,56
133,3	$1{,}33x10^{-3}$	$1{,}36x10^{-3}$	133,3	0,133	$1{,}33x10^{-4}$	$1{,}31x10^{-2}$	1

Portata

l/sec	l/min	l/h	mc/sec	mc/h	mc/giorno
1	60	3600	10^{-3}	3,6	86,4
$1{,}66x10^{-2}$	1	60	$1{,}66x10^{-5}$	$5{,}97x10^{-2}$	1,44
$2{,}77x10^{-4}$	$1{,}6x10^{-2}$	1	$2{,}77x10^{-7}$	10^{-3}	0,024
103	$6x10^{-4}$	$3{,}6x10^{6}$	1	3600	86400
0,277	16,66	10^{3}	$2{,}77x10^{-4}$	1	24
$1{,}16x10^{-3}$	0,7	42	$1{,}15x10^{-5}$	0,042	1

Tempo

sec	min	ora	giorno	anno	10 anni	50 anni
1	0,0166	2,77x10-4	1,15x10-5	-	-	-
60	1	0,0166	6,9x10-4	-	-	-
3600	60	1	0,04166	-	-	-
86400	1440	24	1	2,74x10-3	2,74x10-4	-
3,15x107	5,26x105	8760	365	1	0,1	0,02
	2,63x106	87600	3650	10	1	0,2
		438000	18250	50	5	1

Acquaforce/PVC-A: Voce di capitolato

Fornitura, trasporto e posa in opera di tubi in lega polimerica PVC-A, esenti da piombo, prodotti da azienda certificata ISO 9001, senza aggiunta di materiale rigenerato, conformi alle BS PAS 27/99, alla circolare del Ministero della Sanità n°102 del 2.12.1978 e successive modifiche e alla direttiva del Ministero della Salute Decreto 174/2004. Giunzione a bicchiere operante sia in pressione che in depressione. La guarnizione sarà costituita da due elementi saldamente accoppiati fra loro mediante fusione a caldo: uno più morbido in gomma atossica EPDM per la tenuta e uno più duro in polipropilene, funzionante da rinforzo, atto a garantire che la guarnizione sia mantenuta sempre saldamente nella sua sede. L'inserimento della guarnizione nel bicchiere avverrà a caldo in stabilimento. La guarnizione dovrà consentire un test a breve termine fino a 40 bar e una deviazione angolare fino a 3°. I tubi, in barre da 6m di lunghezza utile, saranno forniti muniti di tappi protettivi alle estremità, saranno di colore blu per acquedotto e nero per fognatura e dovranno riportare lungo due strisce sui lati opposti le seguenti informazioni:

- Nome e Marchio del produttore,
- Dimensione nominale,
- Pressione nominale,
- Pas 27 e data di emissione,
- Sigla NGS (per indicare che viene usata una Nuova Generazione di Stabi-lizzanti esenti da piombo),
- Data e turno di produzione.

I materiali saranno prodotti da fabbrica titolare di certificazione ISO 9001rilasciata da ente europeo accreditato secondo EN 45012 e di certificazione di conformità di prodotto alla norma BS PAS 27/1999 rilasciata da ente europeo accreditato secondo EN 45011.

Comprese le operazioni di carico e scarico necessarie, lo sfilamento dei tubi lungo gli scavi, l'esecuzione delle giunzioni, le prove idrauliche alla pressione di prova prestabilita dal Capitolato Speciale, lavaggio e disinfezione ed ogni altra operazione ed onere necessari alla posa e al collaudo.

Azienda Piovese Gestione Acqua

GREENPIPE S.R.L.

Via Modena, 48/b – C.P. 36 - 42015 Correggio (RE)

Cod.Fisc. e P.IVA 01735900357

Reg.Imp. RE 130589/1997 – R.E.A. c/o CCIAA n° 219078

Direzione **Correggio (RE)** Tel 0522 746611 - 0522 633123 - Fax 0522 633124

Roma **Ing. C. Dal Pozzo** Tel. 06 86328609 - Fax.06 8602048 - Cell.336469603

Francesco Cordì Tel./ Fax.06 86215894 - Cell. 337430339

Gianni Lamarucciola Cell. 335.1980521

Milano **Geom. N.Tajetta** Tel./ Fax. 02 9551387 - Cell. 335435630

e-mail:**info@greenpipe.it**

Informazioni sui prodotti GREENPIPE sono disponibili sul sito **www.greenpipe.it**

Tubi in grés UNI EN 295 per fognatura
- con giunti a bicchiere…………………….…….……………….……..DN 100 ÷ 1400 mm
- con giunti a manicotto EUROTOP ……….…………….……......DN 100 ÷ . 300 mm
- per l'infissione a spinta con la tecnica del "microtunnelling" DN 150 ÷ 1200 mm

Tubi in lega polimerica PVC-A BS PAS 27/1999
- per acquedotto DN 90 ÷ 630 mm PN 8 ÷ 16 bar
- per fognatura DN 90 ÷ 630 mm PN 8 ÷ 16 bar

Tubi in ghisa sferoidale
- per acquedotto UNI EN 545 ……….…DN 80 ÷ 2000 mm
- per fognatura UNI EN 598……….…...DN 80 ÷ 2000 mm

Macchine per "microtunnelling" Ø 200 ÷ 2500 mm

Canali grigliati per il drenaggio delle acque meteoriche UNI EN 1433
- in conglomerato poliestere……….……luce 100 ÷ 400 mm fino cl. F900 kN
- in vetroresina……………………………...luce 100 ÷ 200 mm fino cl. E600 kN
- in calcestruzzo vibrato…………………..luce 100 ÷ 500 mm fino cl. E600 kN
- in calcestruzzo armato "autoportanti"…..luce 100 ÷ 620 mm fino cl. F900 kN

Separatori di idrocarburi UNI EN 858 (per le piccole e grandi superfici) da 1,5 a 200 l/s in calcestruzzo, in acciaio, in polietilene, in PRFV - Separatori di grassi UNI EN 1825 (per le cucine collettive) in calcestruzzo, in acciaio, in acciaio inox, in polietilene - Stazioni di sollevamento per piccole comunità, acque bianche e acque usate, in PE, in acciaio e in PRFV - Regolatori di portata per acque reflue a galleggiante - Controllori di portata a vortice - Paratoie manuali e motorizzate in acciaio zincato, in acciaio inox

Moduli componibili in PE per realizzare i bacini interrati di regimazione e subdispersione delle acque meteoriche

Chiusini e griglie in ghisa sferoidale - Griglie per alberi in ghisa grigia, ornamentali

Manicotti di riparazioni e allacciamenti

Bocche di lupo e finestre per locali parzialmente e completamente interrati